المدخل الى علم
الجغرافية الطبيعية

د. حسن أبو سمور
د. علي غانم
قسم الجغرافية/ الجامعة الأردنية



بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ ﴾

صدق الله العظيم

المدخل الى علم

الجغرافية الطبيعية

المدخل الى علم

الجغرافية الطبيعية

تأليف

د. حسن أبو سمور　　　　د. علي غانـم

قسم الجغرافيا / الجامعة الأردنية

الطبعة الاولـى

١٩٩٨م - ١٤١٩هـ

دار صفاء للنشر والتوزيع - عمان

رقم الايداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (١٣١١/٩/١٩٩٧)

رقـــم التصنيـــف : ٩١٠,٠٢
المؤلف ومن هو في حكمه: حسن أبو سمور، علي غانم
عنـــوان الكتاب : المدخل الى علم الجغرافية الطبيعية
الموضـــوع الرئيـــسي : ١- التاريخ والجغرافيا
٢- الجغرافية الطبيعية
بيانـــات النـــشر : عمان : دار صفاء

* - تم اعداد بيانات الفهرسة الأولية من قبل دائرة المكتبة الوطنية

الطبعة الأولى

1998 م - 1419 هـ

دار صفـــاء للنشر والتوزيع

عمان - شارع السلط - مجمع الفحيص التجاري - هاتف وفاكس ٤٦١٢١٩٠

ص.ب ٩٢٢٧٦٢ عمان - الاردن

DAR SAFA Publishing - Distriuting

Telefax: 4612190 P.O.Box: 922762 Amman - Jordan

مقدمة:

يختص هذا الكتاب بمبادئ الجغرافية الطبيعية التي تبحث في الظواهر الطبيعية في العالم كما يراها الانسان. والجغرافية الطبيعية هي جغرافية بيئة الانسان وتتكون من دراسة انظمة الارض الطبيعية الرئيسية وهي الغلاف الصخري والجوي والمائي والحيوي. وبذلك ترتبط بالعلوم الطبيعية الاخرى كالارصاد الجوية والبيولوجيا والمياه والتربة والجيولوجيا. ولا تقتصر الجغرافية الطبيعية على وصف الظواهر الطبيعية على سطح الارض، ولكن تهدف الى تفسير كيف ولماذا تحدث العمليات الطبيعية؟ وكيف هي ضرورية للحياة على الارض؟ والجغرافية تبحث في مجالات متعددة، ولكنها تركز على مناطق الاتصال والتفاعل بين اليابس والبحر والهواء التي تكون اقليم الحياة.

وهدفنا من هذا الكتاب هو ليس شرح كل المصطلحات والمظاهر الطبيعية على سطح الارض، ولكن نأمل ان نطور عند القارئ فهم واضح لاهم الحقائق والعلاقات عن طريق شرح المواضيع الاساسية في الجغرافية الطبيعية.

يحتوي هذا الكتاب على خمسة فصول تناولت المبادئ الأساسية لفروع الجغرافيا الطبيعية. فقد تناول الفصل الأول، الوضع الفلكي للأرض وأبعادها ودوران الأرض والشبكة الجغرافية بالاضافة إلى معلومات عامة عن المجموعة الشمسية.

أما الفصل الثاني فقد تناول بالتفصيل الغلاف الجوي ومكوناته بالاضافة إلى عناصر المناخ وهي الأشعة الشمسية والحرارة والرطوبة والضغط الجوي والرياح والظواهر الجوية وهي الندى والصقيع والضباب والثلوج والبرد والأمطار وانتهى الفصل بتصنيف للاقاليم المناخية في العالم.

وقد تناول الفصل الثالث الغلاف المائي للأرض من حيث توزيع مياه البحار والمحيطات وخصائصها وحركة المياه مثل المد والجزر والتيارات البحرية والأمواج. كما تناول هذا الفصل الانهار والبحيرات والمياه الجوفية.

وفي الفصل الرابع تم مناقشة القشرة الأرضية والحركات الأرضية التي تغير سطح الأرض بالاضافة إلى التطرق للصدوع والالتواءات والبراكين والزلازل. كما تناول هذا الفصل أنواع الصخور والعمليات الجيومورفولوجية ودور الرياح والمياه والجليد في تغيير سطح الأرض.

أما الفصل الخامس فقد تناول التربة والغلاف الحيوي. حيث تم شرح خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية وتوزيع أنواع الترب في العالم. أما الغلاف الحيوي فقد تناول خصائص النبات والعوامل المؤثرة فيه بالاضافة إلى تصنيف الغلاف النباتي وتوزيعه الجغرافي.

إننا اذ نضع هذا الكتاب بين يدي طلاب الجغرافية لنرجو من الله أن نكون قد وفقنا، ونعتذر في نفس الوقت عن أي خطأ أو زلل غير مقصود.

المؤلفان

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الفصل الثالث
الغلاف المائي

الفصل الرابع
القشرة الارضية

الموضوع	الصفحة

الفصل الخامس

التربة والنبات

الفصل الأول
خصائص الأرض الفلكية

تعد العلاقة بين الشمس والارض علاقة قوية جداً، فالشمس هي مصدر الطاقة الرئيسي بالنسبة للارض، كما وان الارضَ تدور حول محورها وحول الشمس مما يسبب اختلاف في توزيع الطاقه وفي الخصائص الطبيعية للاقاليم والاماكن على سطح الارض. ويختص هذا الفصل في شرح خصائص الارض الرئيسية من حيث الشكل والابعاد، وشبكة خطوط الطول والعرض، وحركة الارض اليومية والسنوية وما ينتج عنها من ظاهرات طبيعية هامة.

النظام الشمسي

يتكون النظام الشمسي من الكواكب والأقمار والكويكبات والمذنبات والنّيازك والغبار والغازات ومن نجم مركزي تدور حوله جميع تلك الأشياء وهو الشمس. وتشكل الشمس الهائلة الحجم حوالي ٩٩٪ من كتلة النظام الشمسي. وتنتج درجة حرارتها الحالية من التفاعلات النووية الهيدروجينية حيث تصل درجة حرارة سطح الشمس إلى حوالي ٦٠٠٠ °م وتزداد نحو الداخل إلى حوالي ١٥ مليون °م. والأرض هي أحد الكواكب التسعة التابعة للنظام الشمسي، وتختلف الكواكب في خصائصها الطبيعية. ويبين الجدول رقم (١) بعض خصائص تلك الكواكب بالمقارنة بخصائص الأرض.

جدول (١) خصائص كواكب المجموعة الشمسية

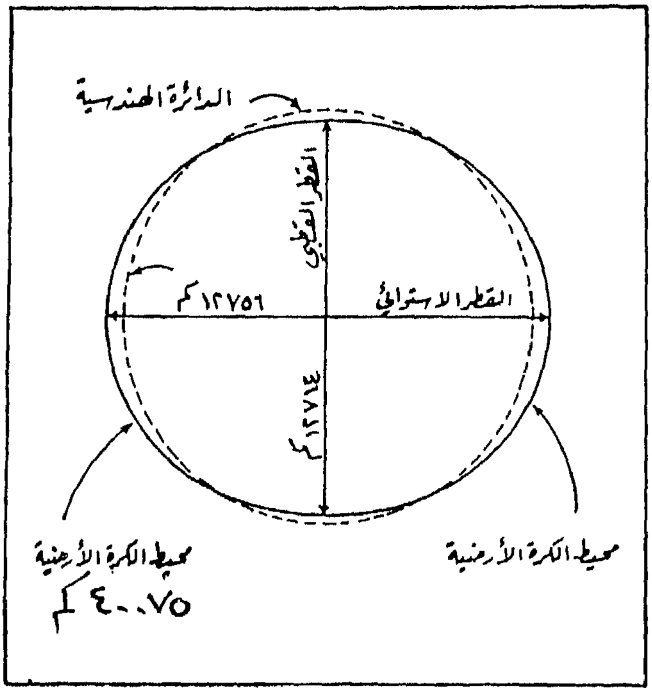
	البعد عن الشمس (مليون كم)	القطر (كم)	طول اليوم	طول السنة	حرارة السطح العظمى(م)	نسبة الكتلة إلى كتلة الأرض
عطارد	٥٨	٤٨٧٨	٥٩ يوم	٨٨ يوم	٤٠٠	٠,٠٥
الزهرة	١٠٨	١٢١٠٠	٢٤٤ يوم	٢٢٤,٧ يوم	٥٠٠	٠,٨١
الأرض	١٥٠	١٢٧٥٦	٢٤ ساعة	٣٦٥,٢٥ يوم	٦٠	١
المريخ	٢٢٨	٦٧٩٠	٢٤,٥ ساعة	٦٨٧ يوم	٢١	٠,١١
المشتري	٧٧٨	١٤٢٨٠٠	٩,٩ ساعة	١٢ سنة	١٥٠-	٣١٨
زحل	١٤٢٧	١٢٠٠٠٠	١٠,٢ ساعة	٢٩,٥ سنة	١٦٠	٩٥,٢
أورانوس	٢٨٧٠	٥١٨٠٠	١٠,٨ ساعة	٨٤ سنة	٢١٠	١٤,٥
نبتون	٤٤٩٧	٤٩٠٠٠	١٥,٨ ساعة	١٦٥ سنة	٢٣٠	١٧,٢
بلوتو	٥٩٠٧	٥٩٠٠٠	٦,٥ ساعة	٢٤٨,٥ سنة	–	٠,٠٨

المصدر: فاضل السعدوني، ١٩٩٠ ونجيب-زبيب، ١٩٩٤.

شكل الارض وابعادها:

الارض احدى الكواكب التي تدور حول الشمس. ولقد تم اثبات كروية الارض منذ العصور القديمة. ومن البراهين التي دعمت ذلك: الاختفاء التدريجي للسفن اثناء ابتعادها عن الموانئ، وظهور ظل الارض على القمر بشكل منحني اثناء حدوث ظاهرة خسوف القمر، وازدياد ارتفاع النجوم عن الافق عند السير باتجاه الاقطاب. وهذه الظواهر لا تحدث الا اذا كانت الارض كروية الشكل. وحديثاً فان صور المركبات الفضائية تُظهر الارض كروية بما لا يدع مجالاً للشك. ودلت القياسات ايضا على ان الارض ليست تامة الكروية فهي منبعجة قليلاً عند المنطقة الاستوائية. أي أن قطر الارض الاستوائي (١٢٧٥٦ كم) اكبر

من قطرها القطبي (١٢٧١٤كم) بحوالي ٤٢ كم (شكل ١). ومن ذلك نجد ان محيط الارض الاستوائي حوالي ٤٠٠٧٥ كم.



شكل ١ : شكل وأبعاد الأرض (عن Strahler, 1987)

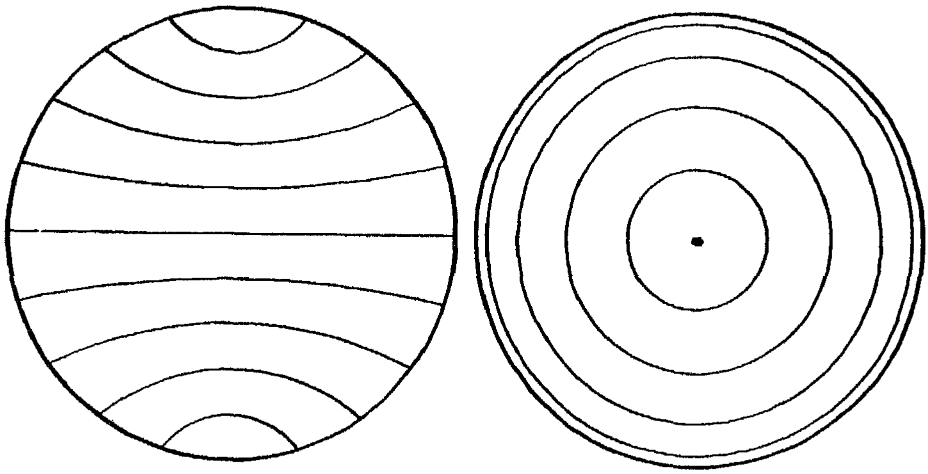
ولاختلاف طول نصف قطر الارض نجد ان الجاذبية الارضية تختلف قليلاً من مكان لاخر على سطح الارض. فالجاذبية الارضية هي قوة شد الاجسام نحو مركز الارض، وهي تتناسب عكسياً مع مربع المسافة بين الجسم ومركز الارض. ولأن اختلافات الجاذبية بسيطة فقد اعتبرت ثابت بمقدار ٩,٨م/ث^{٢}. وللجاذبية اهمية كبيرة في مختلف المجالات وتؤثر على عوامل الطبيعة بطرق مختلفة. فهي المسؤولة عن ترتيب الاشياء حسب كثافتها، الاكثر كثافة يكون في الاسفل والاقل كثافة في الاعلى. فالهواء والماء والصخر مرتبة حسب كثافتها من

الاعلى الى الاسفل. بالاضافة الى ان الانسان والحيوان والنبات والمنشآت العمرانية مصممة لمقاومة الجاذبية ولتبقى منتصبة.

نظام الشبكة الجغرافية:

ومن اجل تحديد مواقع الاماكن بدقة على سطح الكرة الارضية فقد تم تقسيمها الى شبكة من الخطوط الوهمية التي تطورت تدريجياً منذ العصور القديمة حتى اصبحت بشكلها الحالي وتدعى خطوط الطول والعرض. وتستخدم الدرجات في تعيين تلك الخطوط، ولزيادة الدقة تستعمل اقسام الدرجات حيث ان الدرجة تساوي ستون دقيقة والدقيقة تساوي ستون ثانية.

ودوائر العرض Latitudes تلف الكرة الارضية على شكل دوائر كاملة يبين امتدادها الاتجاه الحقيقي للشرق والغرب. وباعتبار ان الارض كروية الشكل فإن الدائرة الكبيرة التي تقسمها الى نصفين متساويين شمالي وجنوبي تسمى بالدائرة الاستوائية وتحدد بدرجة الصفر. وتصغر دوائر العرض بالابتعاد عن الدائرة الاستوائية وذلك بالاتجاه نحو الاقطاب (شكل ٢). وتنحصر دوائر العرض بين الدائرة الاستوائية (صفر°) والقطبين الشمالي (٩٠° شمالاً) والجنوبي (٩٠° جنوباً). واهم دوائر العرض مدار السرطان (٢٣,٥° شمالاً) ومدار الجدي (٢٣,٥° جنوباً) والدائرتين القطبيتين الشمالية (٦٦,٥° شمالاً) والجنوبية (٦٦,٥° جنوباً). وتتميز دوائر العرض بانها متوازية، اي ان المسافة بين كل درجتين متتاليتين متساوية وهي حوالي ١١١كم. بالاضافة الى دورها في تحديد موقع الاماكن شمال أو جنوب خط الاستواء.

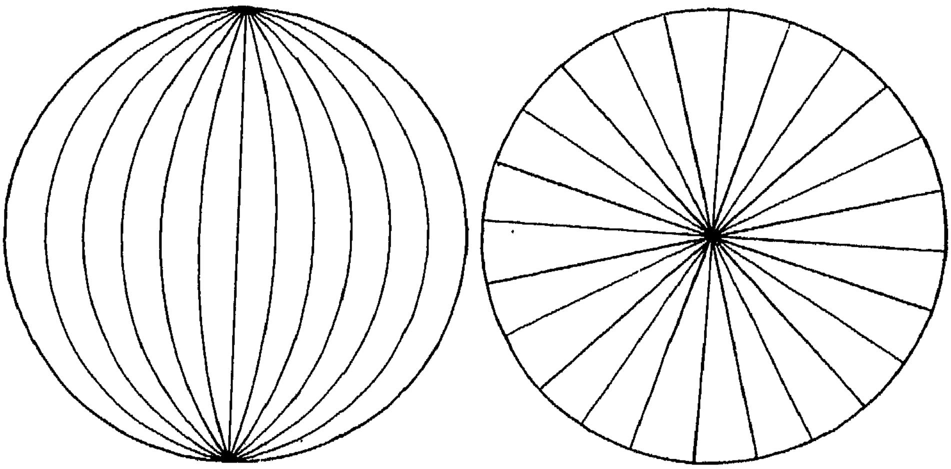


منظر جانبي   منظر قطبي

شكل ٢ : دوائر العرض

خطوط الطول Longitudes وهي انصاف دوائر تمتد بين القطبين الشمالي والجنوبي، وتحدد الاتجاه الحقيقي للشمال والجنوب (شكل ٣). وخطوط الطول غير متوازية حيث ان المسافة بين كل درجتين متتاليتين عند الدائرة الاستوائية حوالي ١١١كم، وتتناقص المسافة بالاقتراب من الاقطاب فهي حوالي ٩٥كم عند ٣٠° و ٥٦كم عند ٦٠° وطبعاً صفر عند الاقطاب التي تعد نقاط التقاء وتجمع لخطوط الطول (شكل ٣). وتستخدم في تحديد الموقع الفلكي للاماكن شرق او غرب غرينتش.

ولقد اتفقت ٢٥ دولة في واشنطن عام ١٨٨٨ على اعتبار خط الطول المرجعي (صفر°) هو الخط الذي يمر في غرينتش/لندن. وسمي بخط غرينتش او خط التوقيت الدولي الذي يعتمد عليه في تحديد الوقت في اي مكان على سطح الارض. ويقسم خط غرينتش الكرة الارضية الى نصفين شرقي وغربي. وتشكل



منظر قطبي منظر جانبي

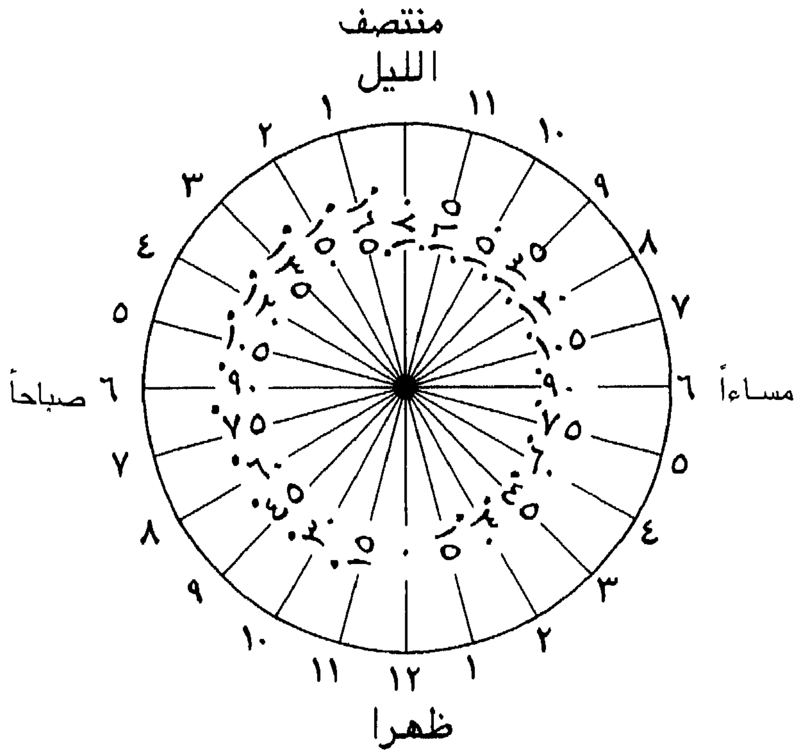
شكل ٣ : خطوط الطول

خطوط الطول ٣٦٠° ، تنقسم إلى ١٨٠° شرقاً، و١٨٠° غرباً. وخط الطول ١٨٠° يسمى بخط التاريخ الدولي الذي يختلف التأريخ على طرفيه بمقدار يوم كامل (٢٤ ساعة).

وتستخدم خطوط الطول في تقسيم العالم الى ٢٤ اقليماً حسب اختلاف الوقت. حيث ان كل اقليم يتكون من ١٥° وهي تعادل الساعة (٦٠ دقيقة). وعادة يتوحد الوقت في كل اقليم رغم وجود اختلافات بين كل درجتين حيث ان كل درجة تساوي اربعة دقائق. ويحدد الوقت في كل اقليم بالرجوع الى توقيت غرينتش.

ويزداد الوقت بمقدار ساعة لكل ١٥° شرقاً ويقل بمقدار ساعة لكل ١٥° غرباً (شكل ٤). فمثلاً اذا كان الوقت في لندن الساعة ١٢ ظهراً فان الوقت على خط الطول ٣٠° شرقاً هو الثانية بعد الظهر وعلى خط طول ٣٠° غرباً هو

العاشرة صباحاً. وبحساب ذلك الى خط التأريخ الدولـي سنجد ان الوقت متشابة ولكن مع اختلاف اليوم اوالتاريخ، فيكون الوقت مثلاً الساعه السادسه صباح يـوم الاحد في شرقه والساعه السادسه صباح يـوم الاثنين فـي غربـه. لذلـك فـان مـن يسافر غرباً عبر خط التاريخ الدولي يخسر يوم، ومن يقطعه متجهاً شرقاً يكسب يوم. ويمر خط التاريخ الدولي في المحيط الهادي بعيداً عن الجزر المنتشرة فيه.



شكل ٤ : التوقيت في العالم (عن Muller, 1974)

أهمية خطوط الطول والعرض:

١) تحديد الوقت في العالم حسب خطوط الطول، سبق شرحه.

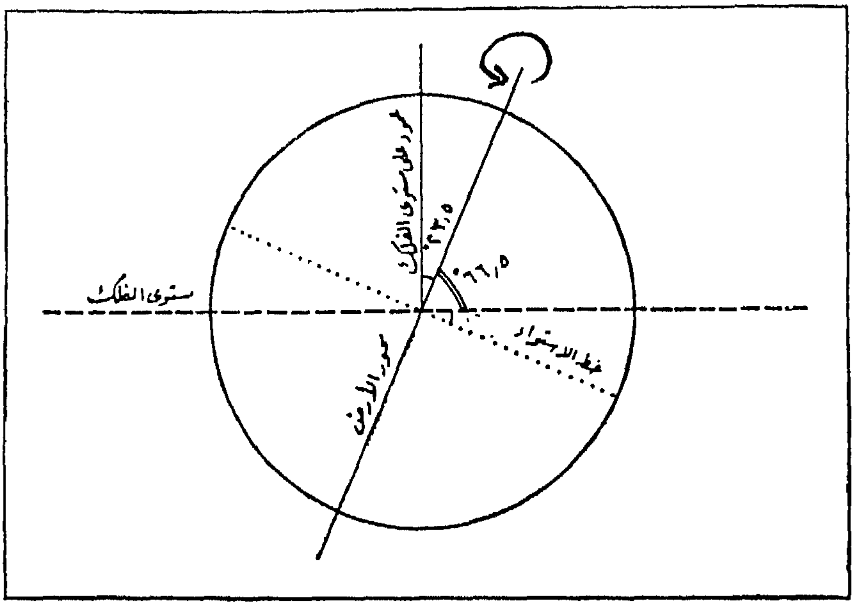
٢) فهم مناخ الاقاليم حسب موقعها من دوائر العرض فالمناطق الاستوائية والمدارية (العروض الدنيا) دافئة، والمناطق القطبية (العروض العليا) باردة، وبشكل عام تتناقص الحرارة بازدياد درجة العرض أو نحو الاقطاب.

٣) تحديد مواقع الاماكن بشكل دقيق فموقع ٣٠" ٤٠' ٤٥° شمالاً هو خط عرض ٤٥ درجة و ٤٠ دقيقة و ٣٠ ثانية شمال خط الاستواء. و ٢٠" ٣٠' ٦٠° شرقاً هو خط طول ٦٠ درجة و ٣٠ دقيقة و ٢٠ ثانية شرق خط غرينتش. وعادة لا تستخدم الثواني في تحديد مواقع الاماكن الواسعة كالمدن او الدول.

٤) تعد خطوط الطول والعرض الاساس لرسم الخرائط التي تهدف إلى نقل سطح الارض الكروي على سطح افقي. ومن ذلك تطورت مساقط متعددة لرسم الخرائط والتي لها اهمية كبيرة في علم الخرائط.

حركة الارض اليومية:

تدور الارض حول محورها من الغرب الى الشرق مرة واحدة كل يوم وبسرعة ١٥ درجة في الساعة وما يعادل حوالي ١٦٧٠كم/ الساعة عند الدائرة الاستوائية ونصف تلك السرعة على دائرة عرض ٦٠° وصفر عند القطبين. ومحور الارض هو الخط الوهمي الذي يصل القطبين ماراً بمركز الارض. ويميل محور الارض عن العمود الساقط على مستوى الفلك بمقدار ٢٣,٥° وعن مستوى الفلك بمقدار ٦٦,٥° (شكل ٥).

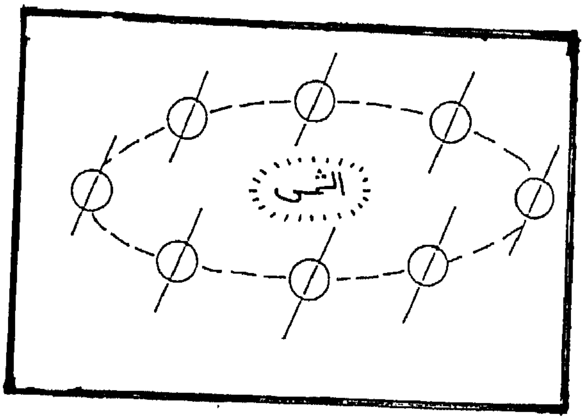


شكل ٥ : ميلان محور الأرض

ويبقى اتجاه محور الارض ثابتاً اثناء دورانها حول الشمس، وهو ما يعرف بظاهرة توازي محور الارض (شكل ٦) ولميلان محور الارض وتوازيه اهمية كبيرة في تكوين الفصول واختلاف طول النهار ومن ثم توزيع الاشعة الشمسية على سطح الكرة الارضية. وأن دوارن الأرض حول محورها يسبب حدوث ظواهر طبيعية هامة منها:

١) تعاقب الليل والنهار، فبما ان الارض كروية الشكل فان نصفها يبقى مضاءاً (نهار) والنصف الاخر معتماً (ليل). ودائرة الاضاءة هي الدائرة التي تفصل بين النصف المعتم والنصف المضاء، والتي يختلف امتدادها باستمرار خلال اليوم والفصول. وان كثير من الظاهرات تستجيب لتعاقب الليل والنهار، مثل النبات الذي يتأثر نموه بكمية الضوء والحرارة والرطوبة التي تختلف بين النهار والليل.

وكذلك الحيوانات الذي تنشط في اوقات معينة خلال اليوم، لذلك تتكيف الكائنات الحية مع تعاقب الليل والنهار. علماً بان طول النهار يتغير على مدار السنة وحسب الفصول.



الشكل ٦ : توازي محور الارض

٢) حدوث المد والجزر بسبب جاذبية القمر والشمس لمياه البحار والمحيطات، ويختلف مكان ووقت حدوث المد حسب دوران الارض ومقابلتها للقمر والشمس.

٣) القوة الطارة عن المركز الناتجة عن دوران الارض حول محورها تؤثر على حركة الاجسام على سطح الارض وهي قوة مساوية في المقدار ومعاكسة في الاتجاه لقوة الجذب إلى المركز. ولها أيضاً دور هام في حدوث المد والجزر.

٤) القوة الكورولية – نسبة للعالم كوريولس – وتنتج عن دوران الارض حول محورها وتؤثر على اتجاه حركة الاجسام على الارض فتحرفها الى يمين اتجاهها في نصف الكرة الشمالي والى يسار اتجاهها في نصف الكرة الجنوبي، وبذلك تؤثر على حركة الرياح والتيارات البحرية، وغيرها من الأشياء المتحركة.

٥) قوة الدفع الناتجة عن اختلاف سرعة الارض حسب دوائر العرض. فالجسم الذي يدور بسرعة كبيرة على خط الاستواء يكتسب قوة دفع تزيد من سرعته اذا

ما انتقل الى عروض تكون فيها سرعة الدوران أقل. ولهذا أهمية كبيرة على سرعة الرياح وخاصة في طبقات الجو العليا كالتيارات النفاثة.

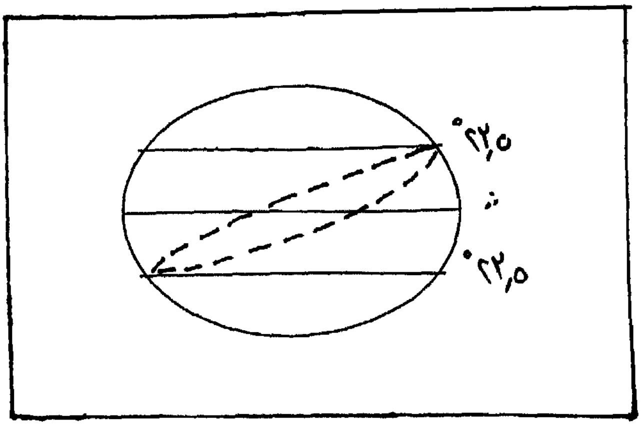
حركة الارض السنوية:

تدور الارض حول الشمس من الغرب الى الشرق دورة كاملة في السنة (٣٦٥,٢٥ يوم). ويتصف مدار الارض بالشكل البيضوي لذلك تختلف المسافة بين الشمس والارض من يوم لآخر على مدار السنة. ويبلغ معدل المسافة بين الارض والشمس حوالي ١٥٠ مليون كيلومتر ويحدث ذلك في يومي ٤ نيسان و ٥ تشرين أول. وتختلف المسافة بحوالي ± ٢,٥ مليون كيلومتر، وتكون الارض ابعد ما يكون عن الشمس (الأوج aphelion) بمسافة حوالي ١٥٢,٥ مليون كيلومتر ويحدث ذلك في ٤ تموز، بينما تكون أقرب مسافة (الحضيض Perihelion) حوالي ١٤٧,٥ مليون كم ويكون ذلك في ٣ كانون الثاني. ويؤثر اختلاف المسافة بين الارض والشمس على كمية الاشعة الشمسية التي تصل الى الارض بحوالي ٧٪، فيصل الارض كمية اكبر من الاشعة عندما تكون اقرب الى الشمس.

وينتج عن دروان الارض حول الشمس وميلان محور الارض تكون الفصول واختلاف في توزيع الاشعة الشمسية على سطح الكرة الارضية. ويختلف مكان تعامد الاشعة الشمسية خلال السنة، حسب حركة الشمس (الحركة الظاهرية للشمس) بين مداري السرطان والجدي، وتكون الشمس عمودية على دوائر العرض الواقعة بين المدارين في اوقات مختلفة من السنة (جدول ٢)، فتتعامد الشمس مرة واحدة مع كل من مدار السرطان والجدي ومرتين مع دوائر العرض الواقعة بينهما (شكل ٧).

جدول (٢) اوقات تعامد الاشعة الشمسية مع دوائر العرض

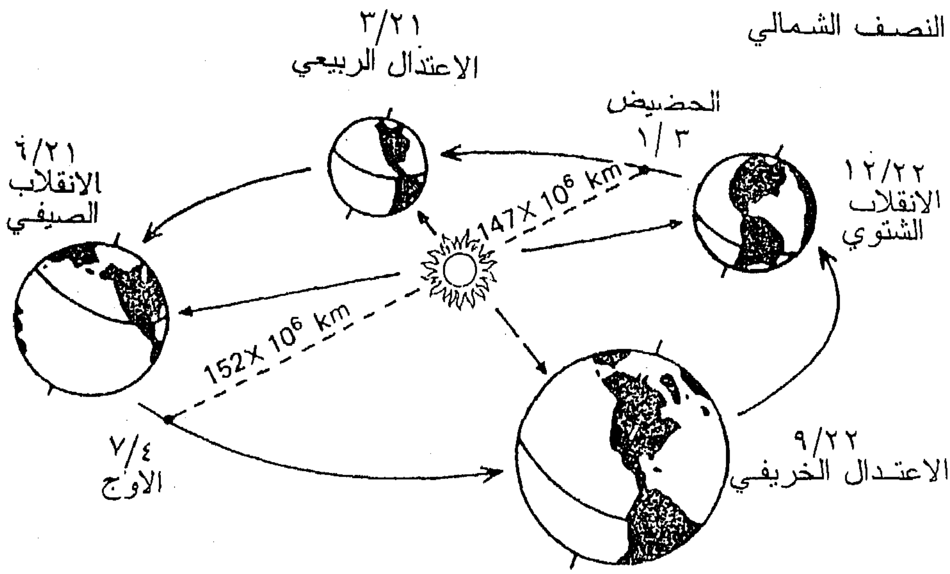
دائرة العرض	التاريخ	دائرة العرض	التاريخ
٢٣,٥ ش	٦/٢١	٥ ج	٣/٨ و ١٠/٦
٢٠ ش	٥/٢١ و٧/٢٤	١٠ ج	٢/٢٣ ١٠/٢٠
١٥ ش	٥/١ و٨/١٢	١٥ ج	٢/٩ و١١/٣
١٠ ش	٤/١٦ و٨/٢٨	٢٠ ج	١/٢١ ١١/٢٢
٥ ش	٤/٣ و٩/١٠	٢٣,٥ ج	١٢/٢٢
صفر	٣/٢١ و٩/٢٣		



شكل ٧ : حركة الشمس الظاهرية

يبين شكل (٨) وضع الارض بالنسبة للشمس في أيام الانقلابين والاعتدالين. وتصبح الشمس عمودية على مدار السرطان في ٦/٢١، وهو الحد الاقصى الذي ترى فيه الشمس عمودية في نصف الكرة الشمالي، ويعرف هذا

اليوم بالانقلاب الصيفي حيث يبدأ فصل الصيف في النصف الشمالي، ويكون النهار اطول من الليل. ويتزايد طول النهار بالاتجاه نحو الاقطاب، وتكون الدائرة القطبية الشمالية مضاءة (نهار) ٢٤ ساعة، ويقل طول النهار الى حوالي ١٨ ساعة على دائرة عرض ٦٠° ش والى ١٤ ساعة على ٣٠° ش، بينما يتساوى الليل والنهار في المنطقة الاستوائية (جدول ٣). وتكون الصفات في النصف الجنوبي للأرض عكس ما هي في النصف الشمالي.



شكل ٨ : مدار الأرض حول الشمس وتكون الفصول
(عن Rosenberg et.al, 1983)

جدول (٣) طول النهار حسب خطوط العرض
في نصف الكرة الشمالي

درجة العرض	الانقلاب الصيفي		الانقلاب الشتوي	
	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة
٧٠ - ٩٠	٢٤	-	صفر	صفر
٦٠	١٨	٨	٥	٥٢
٥٠	١٥	٥٦	٨	٤
٤٠	١٤	٤٠	٩	٢٠
٣٠	١٣	٤٨	١٠	١٢
٢٠	١٣	٥	١٠	٥٥
١٠	١٢	٢٨	١١	٣٢
٠	١١	٥٣	١٢	٧

مصدر: Muller & Oberlander, 1984

وبعد الانقلاب الصيفي بحوالي ستة شهور تصبح الشمس عمودية على مدار الجدي في ٢١/ او١٢/٢٢ وهو الحد الاقصى الذي تُرى فيه الشمس عمودية في نصف الكرة الجنوبي، بينما تكون ابعد ما يمكن عن النصف الشمالي. ويعرف ذلك اليوم بالانقلاب الشتوي في نصف الكرة الشمالي حيث يبدأ فصل الشتاء ويصبح الليل اطول من النهار، ويتناقص طول النهار بالاتجاه نحو الاقطاب. ويصل طول النهار الى حوالي ١٠ ساعات على دائرة ٣٠° ش وحوالي ٦ ساعات على دائرة ٦٠°ش، بينما تكون الدائرة القطبية الشمالية معتمة ٢٤ ساعة (جدول ٣). وتكون الخصائص عكس ذلك بالنسبة للنصف الجنوبي من الارض (شكل ٩).

وفي منتصف المسافة بين موعد حدوث الانقلاب الصيفي والشتوي تتعامد الشمس مرتين على الدائرة الاستوائية في يومي (٣/٢١) الاعتدال الربيعي وفي (٩/٢٢) الاعتدال الخريفي. وفيهما يتساوى طول الليل والنهار في جميع بقاع الارض حيث تمر دائرة الاضاءة من القطبين الشمالي والجنوبي.

ويحدث اكبر فرق بين طول الليل والنهار في القطبين. فيكون طول النهار في القطب الشمالي ستة شهور تنحصر بين الاعتدالين ٣/٢١ و ٩/٢٢، بينما يسود الليل في القطب الجنوبي . والعكس في القطب الجنوبي الذي يمتد نهاره من ٩/٢٢ الى ٣/٢١. حين يسود الليل في القطب الشمالي.

الفصل الثاني

الغلاف الجوي

The Atmosphere

المقدمة:

يشكل الغلاف الجوي احد مكونات الارض الطبيعية بالاضافة الى الغلاف الصخري والمائي والجليدي والحيوي. وهو الهواء الذي يغلف الكرة الارضية بسماكة مئات الكيلومترات ويحتوي على غازات كثيرة وبنسب مختلفة ومناسبة جعلت الحياة ممكنة على سطح الارض. وللغلاف الجوي اهمية كبيرة في حياة الكائنات الحية حيوانية ونباتية، بالاضافة الى تفاعله مع الاغلفة الارضية الاخرى. ويحتوي هذا الفصل على شرح للعناصر والظواهر الجوية كالاشعة الشمسية والحرارة والضغط الجوي والرياح والرطوبة والتكاثف وانواعه والهطول كالمطر والثلج والبرد. بالاضافه الى مكونات واقسام الغلاف الجوي.

مكونات الغلاف الجوي:

يتكون الهواء من خليط من الغازات والشوائب التي يزداد تركيزها وكثافتها في الطبقة السفلى القريبة من سطح الارض وذلك بسبب الجاذبية الارضية. فنجد ان حوالي ٥٠٪ من الهواء يتركز في الستة كيلومترات السفلى من الغلاف الجوي. ويبين الجدول رقم ٤ نسب المكونات الغازية في الغلاف الجوي، ويحتوي الهواء النقي الجاف على حوالي ٧٨٪ من النيتروجين و ٢١٪ من الأكسجين و٠,٩٣٪ من الأرغون، بالاضافة الى نسب ضئيلة من الغازات الاخرى مثل ثاني اكسيد الكربون والهيدروجين والهيليوم والاوزون وغيرها. وتختلف نسب الغازات في الغلاف الجوي للارض عن مكونات الغلاف الجوي للكواكب الاخرى مثل المريخ والزهرة التي تتكون غالبيتها (٩٥٪) من ثاني

اكسيد الكربون وحوالي (٣٪) من النيتروجين ونسبة ضئيله جداً من الاكسجين وبخار الماء. لذلك اصبحت الحياة ممكنة على سطح الارض، بينما خلت تلك الكواكب من اشكال الحياة. فالنيتروجين غاز خامل وغير ضار، والاكسجين اساس لحياة الانسان والحيوان.

جدول (٤) مكونات الغلاف الجوي

مكونات الهواء الجاف			مكونات الهواء الرطب		
الغاز	جزء/مليون	النسبة/حجم	الغاز	جزء/مليون	النسبة/حجم
النيتروجين	٧٨٠٨٤٠	٧٨,٠٨	النيتروجين	٧٩٦٠٠٠	٧٦,٩
الاكسجين	٢٠٩٤٦٠	٢٠,٩٦	الاكسجين	٢٠٧٠٠٠	٢٠,٧
الارغون	٩٣٤٠	٠,٩٣	بخار الماء	١٤٠٠٠	١,٤
ثاني اكسيد الكربون	٣٣٠	٠,٠٣	غازات اخرى	١٠٠٠٠	١
النيون	١٨	٠,٠٠١٨			
الهيليوم	٥,٢	٠,٠٠٠٥٢			
الميثان	١,٤	٠,٠٠٠١٤			
الكريبتون	١	٠,٠٠٠١			
اكسيد النيتروز	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥			
الهيدروجين	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥			
الاوزون	٠,٠٧	٠,٠٠٠٠٠٧			

المصدر: Eagleman, 1985

إن حوالي ٩٩,٩٪ من مكونات الغلاف الجوي (النيتروجين والأكسجين والأرغون) من الغازات غير الضارة والثابتة النسبة. ولقد ثبت تغير نسب كثير من الغازات الاخرى. وتتغير كمية بخار الماء الموجودة في الهواء من مكان

لاخر، وتتراوح من لا شيء في الهواء البارد والجاف جداً في المناطق القطبية الى حوالي ٤٪ في الهواء الرطب جداً في المناطق الاستوائية، بمعدل ١,٤٪. وان وجود بخار الماء ضروري لتكون الظواهر الجوية المائية كالضباب والصقيع والندى والامطار والثلوج والبرد. بالاضافة الى مقدرته على امتصاص جزء من الاشعة الحرارية طويلة الامواج وبذلك يسهم في تسخين الهواء.

وتعد الغازات المتغيرة والتي يتزايد تركيزها في الهواء من الملوثات الجوية بسبب اثارها السلبية على البيئة وحياة الانسان. ومن تلك الغازات المتزايدة ثاني اكسيد الكربون والاوزون واكسيد النيتروز والميثان وغيرها. وتعد تلك الغازات من غازات البيت الزجاجي. وظاهرة البيت الزجاجي Green house من خصائص الغلاف الجوي الطبيعية التي تسهم بالمحافظه على عدم تطرف درجات الحرارة على سطح الارض. وتسمح هذه الغازات بمرور الاشعة الشمسية قصيرة الامواج، ولكنها تمتص الاشعة الأرضية طويلة الامواج التي يمكن ان تهرب الى الفضاء. وبازدياد تركيز غازات البيت الزجاجي عن طريق التلوث تزداد الطاقة المحبوسة في الغلاف الجوي السفلي مما يزيد من تسخين الهواء ورفع معدل درجة حرارة الارض، ويسبب ذلك تغير المناخ مما يؤثر على البيئة وحياة الانسان.

وتعاني المناطق الصناعية وما يجاورها من مشكلة الامطار الحمضية Acid Rain التي تتكون من تفاعل بخار الماء مع غاز ثاني اكسيد الكربون او ثاني اكسيد الكبريت, مشكلة احماض كحامض الكربونيك المخفف. وتعاني كثير من الدول من الاثار السلبية للامطار الحمضية كتلوث الغابات وهلاك اشجارها وزيادة حموضة مياه البحيرات العذبة المخصصة لتربية الاسماك. بالاضافة الى دور المياه الحمضية في تنشيط التجوية الكيماوية وتآكل المنشأت الحجرية.

ولمشكلة تآكل غاز الاوزون في طبقة الستراتوسفير صدى عالمي، حيث تعقد المؤتمرات الدولية من اجل تخفيف او وقف اسباب تناقص الاوزون وخاصة

بعد ان ثبت دور النشاط البشري في خلق هذه المشكلة. فاستعمال مركب الكلوروفلوروكربون (CFCs) وغيره من الغازات التي تتفاعل مع الاوزون وتحتاج لذرة اوكسجين واحدة مثل البروم، هو السبب الرئيسي في تآكل الاوزون. CFCs مركب خامل وغير ضار ويستعمل في الثلاجات والمكيفات والتغليف ومواد الرش المستعملة في المنازل كالمبيدات الحشرية والمنظمات الكيماوية وغيرها. وهو لا يتحطم في الغلاف الجوي السفلي، ولكن عندما يصعد الى طبقات الجو العليا يتفكك حيث يتفاعل الكلور مع الاوزون ويحطمه. وبتناقص الاوزون تزداد كمية الاشعة فوق البنفسجية الضارة الواصلة الى سطح الارض مسببة زيادة انتشار بعض الامراض الجلدية كالسرطان وامراض العيون وغيرها. ووجد العلماء ان اكبر تناقص حدث فوق القارة القطبية الجنوبية وهو ما يسمى بثقب الاوزون، وكذلك فانه لوحظ تناقص الاوزون في كل المناطق ولكن بنسب متفاوتة.

بالاضافة الى الغازات يحتوي الغلاف الجوي على كميات كبيرة من الشوائب، وهي جزيئات صغيرة من الدخان والغبار والرماد والاتربة العالقة في الهواء. وتعتبر هذه المواد عاملاً هاماً في تنشيط عملية تكاثف بخار الماء وتشكيل الظواهر الجوية المائية. وان ازدياد الشوائب والملوثات الجوية يزيد من كمية الاشعة الشمسية المنتشرة والمحجوبة مما يقلل من الاشعة التي تصل الى سطح الارض ومن ثم تخفيض درجة الحرارة. وكذلك يؤثر ازدياد تركيزها على الحالة الصحية للكائنات الحية فتضعفها وتقلل من قدرتها على مقاومة الامراض، كامراض الجهاز التنفسي.

وتتميز الغازات الجوية بأنها قابلة للانضغاط وتخضع للقوانين الفيزيائية للغاز المثالي والتي تربط بين الحجم والضغط والكثافة ودرجة الحرارة (الضغط x الحجم = درجة الحراره x رقم ثابت). والعلاقات هي:

١- القانون الاول لبويل: مع ثبات درجة الحرارة يتناسب الضغط عكسياً مع حجم الهواء.
٢- قانون شارلز: مع ثبات الحجم يتناسب الضغط طردياً مع درجة حرارة الهواء.
٣- قانون لوساك وشارلز: مع ثبات الضغط يتناسب الحجم طردياً مع درجة حرارة الهواء.
٤- قانون بويل الثاني: يتناسب الضغط طردياً مع كثافة الهواء بافتراض ثبات العناصر الاخرى.

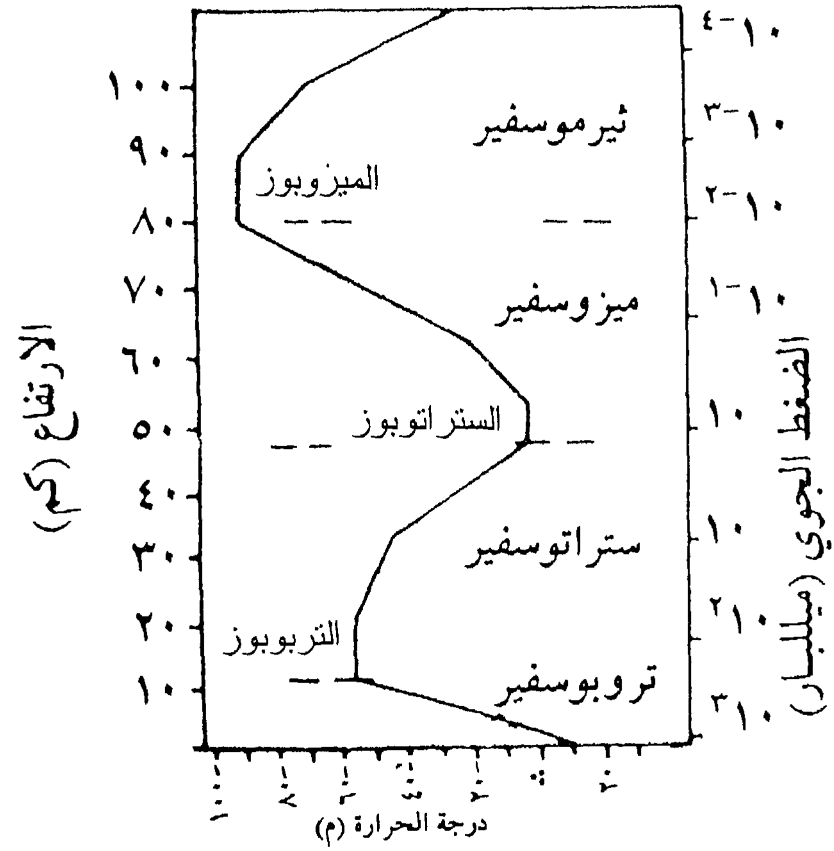
اقسام الغلاف الجوي:

يمتد الغلاف الجوي من سطح الارض الى مئات الكيلومترات في الفضاء، وعلى اساس تغير درجة الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر يقسم الغلاف الجوي الى الطبقات التالية (شكل ٩):

أ- **التروبوسفير:** وهي الطبقة الاكثر اهمية للانسان وجميع الكائنات الحية. وتتصف بما يلي:

١- تمتد من سطح الارض حتى طبقة التروبوبوز الانتقالية التي يختلف ارتفاعها من مكان لاخر، ويتراوح من ١٨ كم فوق المنطقة الاستوائية الى ٨ - ٩ كم فوق المناطق القطبية. ويتميز التربوبوز بثبات درجات الحرارة بالارتفاع.
٢- تتناقص درجات الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر بمعدل ٦,٥ م^{o}/كم. وتنخفض درجة الحرارة الى اقل من -٥٥^{o}م في اعلى التروبوسفير.
٣- تحتوي على غالبية (٩٩٪) بخار الماء الذي يختلط بسهولة مع الغازات الاخرى، لذلك تحدث جميع الظواهر الجوية المائية في التروبوسفير.

٤- تحتوي على حوالي ٧٥ - ٨٠٪ من غازات الغلاف الجوي، ويزداد تركيز وكثافة الغازات بالاقتراب من سطح الارض بسبب الجاذبية الارضية.



شكل ٩: اقسام الغلاف الجو ي (عن Hobbs, 1980)

ب-الستراتوسفير: تمتد من التروبوبوز حتى الستراتوبوز على ارتفاع حوالي ٥٠ كم، وتتميز بتزايد درجة الحرارة بالارتفاع حتى تصل الى حوالي الصفر المئوي في أعلاها. وتحتوي طبقة الستراتوسفير على حوالي ٩٠٪ من غاز الاوزون الذي يمتص غالبية الاشعة فوق البنفسجية الضارة بالكائنات الحية. ويتعرض الاوزون للنقصان بسبب ازدياد التلوث الناتج عن النشاط البشري،

وهي مشكلة عالمية يحتاج حلها لتعاون كل الدول وخاصة الدول الصناعية الكبرى.

جـ- الميزوسفير: تمتد من الستراتوبوز حتى الميزوبوز على ارتفاع حوالي ٨٠ كم. وتتميز بتناقص درجات الحرارة بالارتفاع بحوالي ٣,٥ م^{o}/كم لتصل الى حوالي -٨٠^{o}م عند بداية الميزوبوز. وتحتوي هذه الطبقة على نسبة قليلة من الهواء المكون من الغازات الخفيفة والتي يقل ضغطها عن واحد ميليبار.

د- طبقة الثيرموسفير: تمتد من الميزوبوز حتى الفضاء الخارجي. وتتزايد فيها درجة الحرارة بالارتفاع في الفضاء لتصل الى اكثر من ٢٠٠٠^{o}م. وتحتوي هذه الطبقة على نسبة ضئيلة جداً من الهواء الخفيف والمتأين الذي له خاصية عكس الامواج اللاسلكية كامواج الراديو.

الطاقة Energy:

ان جميع العمليات الجوية التي تحدث في الغلاف الجوي للارض تستمد طاقتها من الطاقة الشمسية الهائلة والناتجة عن تحول الهيدروجين الى هيليوم. اما مصادر الطاقة الاخرى فلا تشكل الا جزء ضئيل جداً (٠,٠١٪) كطاقة الارض والنجوم والمد والمصانع والسيارات والتدفئة وغيرها. وتختلف كمية الطاقة من مكان لاخر، ويحدث فائض من الطاقة في الاماكن والمواد التي تزيد فيها الطاقة المكتسبة عن الطاقة المفقودة، وبالعكس يحدث عجز في الطاقة في الاماكن والمواد التي تزيد فيها الطاقة المفقودة عن الطاقة المكتسبة. وبسبب هذه الاختلافات تنتقل الطاقة في الأشياء والعالم بين مناطق الفائض والعجز بالطرق الاساسية التالية:

١-**التوصيل الحراري Conduction** هو انتقال الطاقة اوالحرارة الحسية عبر جزيئات المواد الصلبة والمواد المتلامسة. وبها تنتقل الطاقة في التربة وإلى طبقة الهواء الرقيقة الملامسة لسطح الارض.

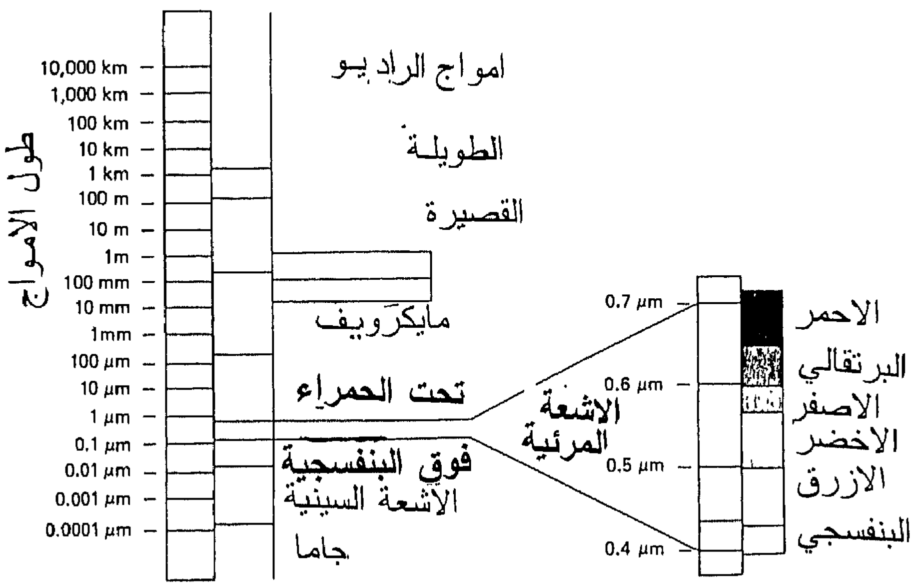
٢- **الحمل Convection** ويمثل انتقال الطاقة في السوائل والهواء بالمزج نتيجة لحركتها، حيث يسخن الهواء الملامس لسطح الارض فيرتفع الى الاعلى ليحل مكانه هواء ابرد، وبذلك يختلط الهواء البارد بالدافئ.

٣-**الاشعاع Radiation** وتنتقل الطاقة بالاشعاع من جميع الاجسام التي تزيد حرارتها عن الصفر المطلق (-٢٧٣°م). وكذلك تكسب الاجسام طاقة عند امتصاصها الاشعة، والجسم الذي تتشابه حرارته مع البيئة المحيطة يكسب ويفقد طاقة بنفس المعدل، بينما الجسم الذي تكون حرارته اكثر من المحيط فانه يفقد طاقة اكثر مما يكسب والعكس صحيح. وان كمية وشدة الاشعة الصادرة عن اي جسم تعتمد على درجة حرارته. وتصدر الاشعة على شكل أمواج كهرومغناطيسية وباطوال تتناسب عكسياً مع درجة حرارة الجسم. وكلما زادت درجة حرارة الجسم تزداد شدة اشعاعيته وتقصر امواجها. وطول الموجة هو المسافة بين قمتين متتاليتين.

فالاشعه الشمسية شديدة الكثافة وذات امواج قصيرة بسبب ارتفاع درجة حرارتها، بينما الاشعة الارضية اقل شدة وذات امواج طويله لانخفاض درجة حرارتها بالمقارنه مع الشمس. وان حوالي ٩٩٪ من الاشعة الشمسية ذات امواج تتراوح بين ٠,١٧-٢,٥ مايكرومتر، و٩٥٪ من الاشعه الارضيه تتراوح بين ٢,٥-٢٥ مايكرومتر (المتر= مليون مايكرومتر).

الاشعة الشمسية Solar Radiation:

وهي المصدر الاساسي للطاقة المستخدمة على الارض. وتُصدر الشمس اشعة شديدة الكثافة وقصيرة الامواج بسبب ارتفاع درجة حرارتها، وتصل درجة حرارة سطح الشمس الخارجي الى حوالي ٦٠٠٠°م. وتنتشر الاشعة الشمسية في جميع الاتجاهات على شكل امواج كهرومغناطيسية وبسرعة الضوء (٣٠٠ الف كم/ث). ويصل الارض جزء بسيط من مجموع الاشعة الشمسية التي تستغرق حوالي ثمانية دقائق حتىتصل الى سطح الارض. وعلى اساس طول امواج الاشعة تقسم الاشعة الشمسية الى ثلاثة انواع (شكل ١٠):



شكل ١٠ : أنواع الأشعة حسب طول أمواجها (عن Eagleman, 1985)

١ – **الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet Radiation** وهي الاشعة التي يقل طول امواجها عن ٠,٤ مايكرومتر كالاشعة السينية واشعة جاما، وتشكل حوالي

٩٪ من مجموع الاشعة الكلية. يمتص غاز الاوزون الموجود في طبقة الستراتوسفير غالبية الاشعة فوق البنفسجية الضارة بالكائنات الحية، فلا يصل الى سطح الارض الا جزء ضئيل جداً منها. وهي مفيدة عندما يتعرض لها الجسم لمدة قصيرة.

٢- الاشعة المرئية او الضوئية Visible Light وهي الاشعة التي تقع امواجها بين ٠,٤ - ٠,٧ مايكرومتر، وتصل نسبتها الى حوالي ٤١٪ من الاشعة الشمسية. وهي الاشعة التي تعطي الالوان الرئيسة، وتختلف الالوان حسب طول الموجة (جدول ٥). والالوان مرتبة حسب طول الموجة ومن الاقصر الى الاطول هي: البنفسجي والازرق والاخضر والاصفر والبرتقالي والاحمر.وللاشعة الضوئية اهمية كبيرة للكائنات الحية حيوانية ونباتية.

جدول (٥) الاشعة المرئية حسب طول الامواج (مايكرومتر)

اللون	طول الموجة	اللون	طول الموجة
البنفسجي	٠,٤ - ٠,٤٣	الاصفر	٠,٥٧ - ٠,٥٩
الازرق	٠,٤٤ - ٠,٤٩	البرتقالي	٠,٦٠ - ٠,٦٤
الاخضر	٠,٥٠- ٠,٥٦	الاحمر	٠,٦٥ - ٠,٧٠

٣- الاشعة تحت الحمراء Infrared Radiation وتشكل حوالي نصف كمية الاشعة الشمسية والتي تقع امواجها بين ٠,٧ - ٤ مايكرومتر. وهي اشعة حرارية ترفع درجة حرارة الجسم عند امتصاصها.

ويبين شكل ١٠ انواع اخرى من الاشعة بامواج طويلة ولكنها غير مهمة بالنسبة للاشعة الشمسية القصيرة الامواج.

الاشعة الشمسية والغلاف الجوي:

ثابت الاشعة الشمسية Solar Constant هو كمية الاشعة الشمسية الساقطة عمودياً على وحدة مساحة (سم٢) من سطح الغلاف الجوي، وتقدر بحوالي ٢ سعر/سم٢/دقيقة (١٣٨٠ واط / م٢ او ٢ كيلو لانلي / دقيقة). وتبقى الاشعة الشمسية محتفظة بكامل طاقتها الاصلية حتى ارتفاع ١٥٠ كم عن سطح الارض. وبالاقتراب من سطح الارض تتعرض الاشعة للتغير والضياع اثناء عبورها في الغلاف الجوي بالعمليات التالية:

١- **الامتصاص absorption** وهو انتقال الطاقة من الاشعة الكهرومغناطيسية الى طاقة حرارية في الغاز اوالسائل التي تمر خلاله.وتقوم الغازات والشوائب والغيوم بامتصاص جزء من الاشعة الشمسية يقدر بحوالي ١٢٪ وذلك حسب صفاء الجو. ويمتص غاز الاوزون غالبية الاشعة فوق البنفسجية، ويمتص ثاني اكسيد الكربون وبخار الماء جزء من الاشعة تحت الحمراء قبل ان تصل الى سطح الارض. وتختلف كمية الاشعة الممتصة حسب كمية الغيوم التي تؤثر كثيراً على مقدار ما يصل الى سطح الارض من الاشعة الشمسية. والاشعة الممتصة تسهم في تسخين الغلاف الجوي ورفع درجة حرارة الهواء.

٢- **الانتشار Scattering** وهو تشتيت الاشعة الشمسية بواسطة الغازات والشوائب الجوية. وتقدر نسبة الاشعة المنتشرة بمختلف الاتجاهات بحوالي ١٢٪، نصفها يصل الى سطح الارض والنصف الاخر يعود الى الفضاء الخارجي. وان انتشار وانكسار الاشعة الشمسية بواسطة الغازات وقطرات الماء والشوائب هو المسؤول عن تكون الظواهر الجوية الضوئية كالشفق والغسق وزرقة السماء وقوس قزح وغيرها.

٣- **الانعكاس Albedo** وهو نسبة الاشعة الشمسية المرتدة عن المواد حيث تقوم الشوائب والغيوم بعكس جزء من الاشعة الشمسية. ويختلف معامل

الانعكاس للغيوم حسب ارتفاعها وسمكها، ومتوسط معامل الانعكاس للغيوم حوالي ٥٠٪. وبالمحصلة ان حوالي ٢٠٪ من الاشعة الشمسية تنعكس الى الفضاء الخارجي فلا يستفاد منها في تسخين الارض اوالهواء.

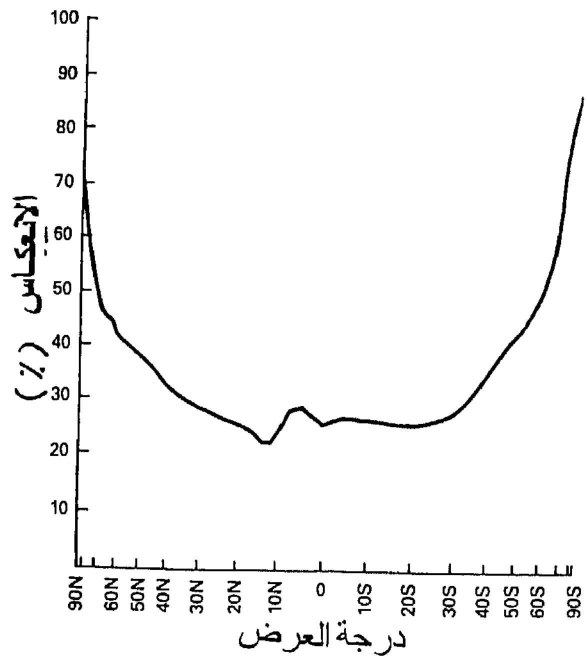
الاشعة الشمسية وسطح الارض:

يصل الى سطح الارض ما تبقى من الاشعة الشمسية (حوالي ٥٠٪) بعد مرورها في الغلاف الجوي والذي تتراوح نسبته من صفر عندما تكون السماء ملبدة بالغيوم الى ٨٠٪ عندما يكون الجو صافياً. وتختلف كمية الاشعة التي تصل الى اي مكان حسب درجة العرض والفصول، متأثرة بزاوية ارتفاع الشمس وطول النهار. لذلك نجد ان المناطق الاستوائية والمدارية يصلها اشعة اكثر من المناطق القطبية بسبب الاختلاف في ميلان الاشعة الشمسية وطول النهار. وتتعرض الاشعة الشمسية عند اصطدامها بسطح الارض للانعكاس او الامتصاص، وان كمية الاشعة الممتصة والتي تتحول الى حرارة تعتمد بالاساس على نسبة الاشعة المنعكسة. ويعد معامل انعكاس الاشعة من العوامل الهامة التي تسبب الاختلافات المكانية في توزيع الطاقة. ويختلف معامل الانعكاس عن سطح الارض تبعاً للعوامل التالية:

١- **زاوية ارتفاع الشمس** Altitude Angel وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الشمسي وسطح الارض. وكلما قلت زاوية ارتفاع الشمس زاد معامل الانعكاس. ففي الصباح عندما تشرق الشمس يكون معامل الانعكاس كبيراً لانخفاض زاوية ارتفاع الشمس، ويقل تدريجياً ليصل الى ادنى قيمة عندما تصل الشمس الى ذروة ارتفاعها عند منتصف النهار، ثم يتناقص الانعكاس تدريجياً حتى وقت الغروب. وعلى سبيل المثال يصل معامل الانعكاس عن سطح مائي

مستوى الى حوالي ٤٠٪ عندما تكون زاوية ارتفاع الشمس حوالي ٥ درجات ويقل الى ٤٪ عندما تزيد عن ٧٥ درجة.

٢- **درجة العرض:** يقل معامل الانعكاس في المناطق الاستوائية والمدارية لان الشمس تكون عمودية او قريبة من العمودية معظم ايام السنة. ويزداد ميلان الاشعة الشمسية بالاتجاه نحو الاقطاب مسبباً زيادة الانعكاس. ويبين شكل ١١ تزايد معامل الانعكاس بتزايد درجة عرض المكان.



شكل ١١ : تغير معامل الانعكاس حسب درجة العرض (عن Eagleman, 1985)

٣- طبيعة سطح الارض: يبين جدول ٦ معامل الانعكاس لاسطح مختلفة. ويتأثر معامل الانعكاس بلون السطح وخشونته ورطوبته. ويزداد معامل الانعكاس عن الاسطح الفاتحة اللون والملساء، فيصل الى ١٠٠٪ عن المرايا والى ٩٠٪ عن الثلج الحديث و يقل إلى ٥٠٪ عن الثلج القديم لازدياد نسبة الماء والشوائب فيه. وبالمقابل يقل الانعكاس عن الاسطح القاتمة اللون والخشنة، فالانعكاس معدوم عن الاسطح السوداء و٨٪ عن الاسمنت. ولرطوبة التربة اهمية في تقليل الانعكاس فهو حوالي ١٥٪ للتربة الجافة و١٠٪ للتربة الرطبة، علماً بأن معامل الانعكاس للماء هو ٨٪.

٤-النبات: يبين جدول ٦ انخفاض معامل الانعكاس عن الغطاء النباتي بالمقارنة بالاراضي الجرداء. ويختلف معامل الانعكاس عن النبات وذلك حسب نوع الاشجار والمحاصيل الحقلية، وحسب مرحلة نموه الفصلية.

جدول (٦) معامل الانعكاس

السطح	الانعكاس	السطح	الانعكاس
الثلج الحديث	٩٠٪	اعشاب	١٥٪
الثلج القديم	٥٠٪	محاصيل حقلية	٢٠٪
الغيوم (متوسط)	٥٠٪	غابات خضراء	١٥٪
رمل فاتح	٤٠٪	اسمنت	٢٥٪
تربة فاتحة	٢٥٪	اسفلت	٨٪
تربة جافة	١٥٪	ماء	٨٪
تربة رطبة	١٠٪	الصحراء	٣٠٪

توزيع الأشعة الشمسية:

يختلف توزيع الأشعة الشمسية المتحولة الى طاقة من مكان لاخر على سطح الكرة الارضية للاسباب التالية:

١- **معامل الانعكاس:** ان جميع العوامل التي تؤثر على معامل الانعكاس (سبق شرحها) تؤثر على توزيع الاشعة الشمسية. فطبيعة سطح الارض من حيث لونه وخشونته ورطوبته تؤثر على توزيع الاشعة. وتقل الاشعة بازدياد معامل الانعكاس الذي يتأثر أيضاً بدرجة العرض وميلان الاشعة الشمسية. وان تناقص كمية الاشعة الشمسية بالاتجاه نحو الاقطاب يعود لانخفاض زاوية ارتفاع الشمس بالاضافه الى انتشار الجليد فوق العروض العليا. ويبين جدول ٧ معدل الطاقة الشمسية في يوم صاف حسب درجات العرض، فيصل الى اعلى كمية ٥١٠سعر/سم^{٢}/د في المناطق الاستوائية ويقل الى ٢٢٠سعر/سم^{٢}/د في الدائرة القطبية.

جدول (٧) معدل الطاقة الشمسية حسب درجة العرض

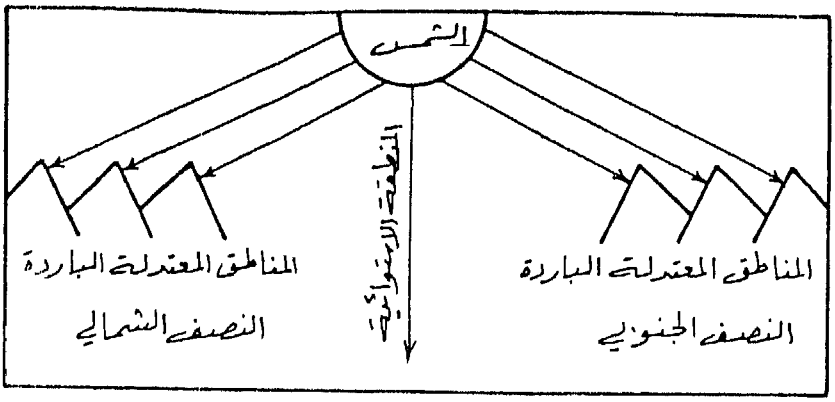
درجة العرض	٠	١٥	٣٠	٤٥	٦٠	٧٥
الطاقة سعر/سم^{٢}/د	٥١٠	٥١٠	٤٧٠	٣٨٠	٣٠٠	٢٢٠

٢- **طول النهار:** يختلف طول النهار من فصل الى اخر وتختلف معه كمية الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض. ويحدث اكبر مدى في طول النهار بين فصلي الصيف والشتاء. ففي الصيف يكون النهار اطول ما يمكن وبذلك تزداد كمية الاشعة الشمسية، ويحدث العكس في الشتاء عندما يكون النهار قصيراً. ويكون طول النهار في الاقطاب كبيراً في فصل الصيف الا ان معظم الاشعة الشمسية تفقد بالانعكاس بسبب شدة ميلانها.

٣- **صفاء الجو:** ان كمية الملوثات والشوائب والغيوم تؤثر على مدة سطوع الشمس ومن ثم كمية الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الارض. ويصل المناطق الاستوائية التي تكثر فيها الغيوم كمية اشعة اقل من المناطق الصحراوية التي تقل فيها الغيوم. وكذلك ان كمية الاشعة التي تصل المناطق اوالمدن الصناعية التي تكثر فيها الملوثات والشوائب هي اقل من المناطق المجاورة الاقل تلوثاً. فالغيوم والملوثات تعيق الاشعة الشمسية وتحجبها جزئياً او كلياً عن الارض.

٤- **التضاريس:** تتناقص الاشعة الشمسية بالارتفاع عن مستوى البحر وذلك لازدياد نسبة التغيم على المرتفعات العالية والتي تحجب جزء من الاشعة الشمسية. وان اتجاه السفوح الجبلية له علاقة بمدة سطوع الشمس، ويظهر لاختلاف في كمية الاشعة الشمسية جلياً في المناطق الجبلية شديدة التضرس والواقعة في العروض الوسطى والعليا. فالسفوح الجبلية الجنوبية في نصف الكرة الشمالي تستقبل اكبر قدر من الاشعة لمواجهتها للشمس طول النهار، بينما تكون السفوح الشمالية في الظل (شكل ١٢) وتسطع الشمس على السفوح الشرقية من شروق الشمس حتى منتصف النهار وعلى السفوح الغربية من منتصف النهار حتى الغروب.

ولدرجة انحدار السفوح الجبلية تأثير على زاوية سقوط الاشعة وخاصة على مرتفعات العروض الوسطى والعليا كجبال الالب والهيمالايا. وذلك عندما يكون الانحدار بدرجة مناسبة بحيث يزيد من زاوية سقوط الاشعة على السفوح الجبلية. ويؤدي ذلك الى زيادة الاشعة بسبب انخفاض انعكاس الاشعة وتركزها على مساحة اقل. لذلك تتفاوت درجات الحرارة على المنحدرات الجبلية اتجاه السفوح الجبلية وحسب زاوية سقوط الاشعة عليها.



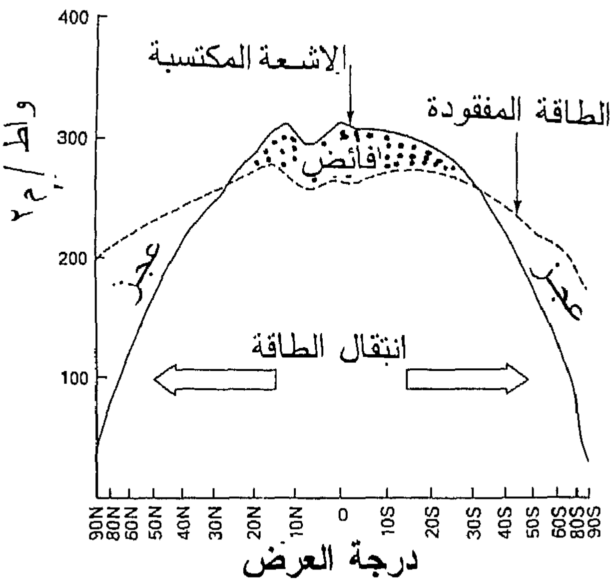
شكل ١٢ : اثر اتجاه السفوح الجبلية على توزيع الأشعة الشمسية

الاشعة الارضية والجوية:

تسخن الارض والهواء عند امتصاصها للاشعة التي تتحول الى طاقة حرارية محسوسة، ويبلغ متوسط درجة حرارة الارض حوالي ١٥ ^{o}م. ويصدر عن الارض والهواء اشعة طويلة الامواج يكون مركزها حول ١٠ مايكرومتر. وتشع الارض ليلاً ونهاراً حسب درجة حرارتها. وفي النهار تكسب الارض طاقة من الاشعة الشمسية اكثر مما تفقد مما يسبب ارتفاع درجة حرارة السطح والهواء. وفي الليل تفقد الارض طاقة كبيرة بالاشعاع فتنخفض درجة حرارتها. وكذلك فإن الهواء يشع لانه يكسب طاقة من امتصاصه لجزء من الاشعة الشمسية وغالبية الاشعة الارضية، ويصدر اشعة طويلة الامواج إما باتجاه الارض اوالفضاء الخارجي.

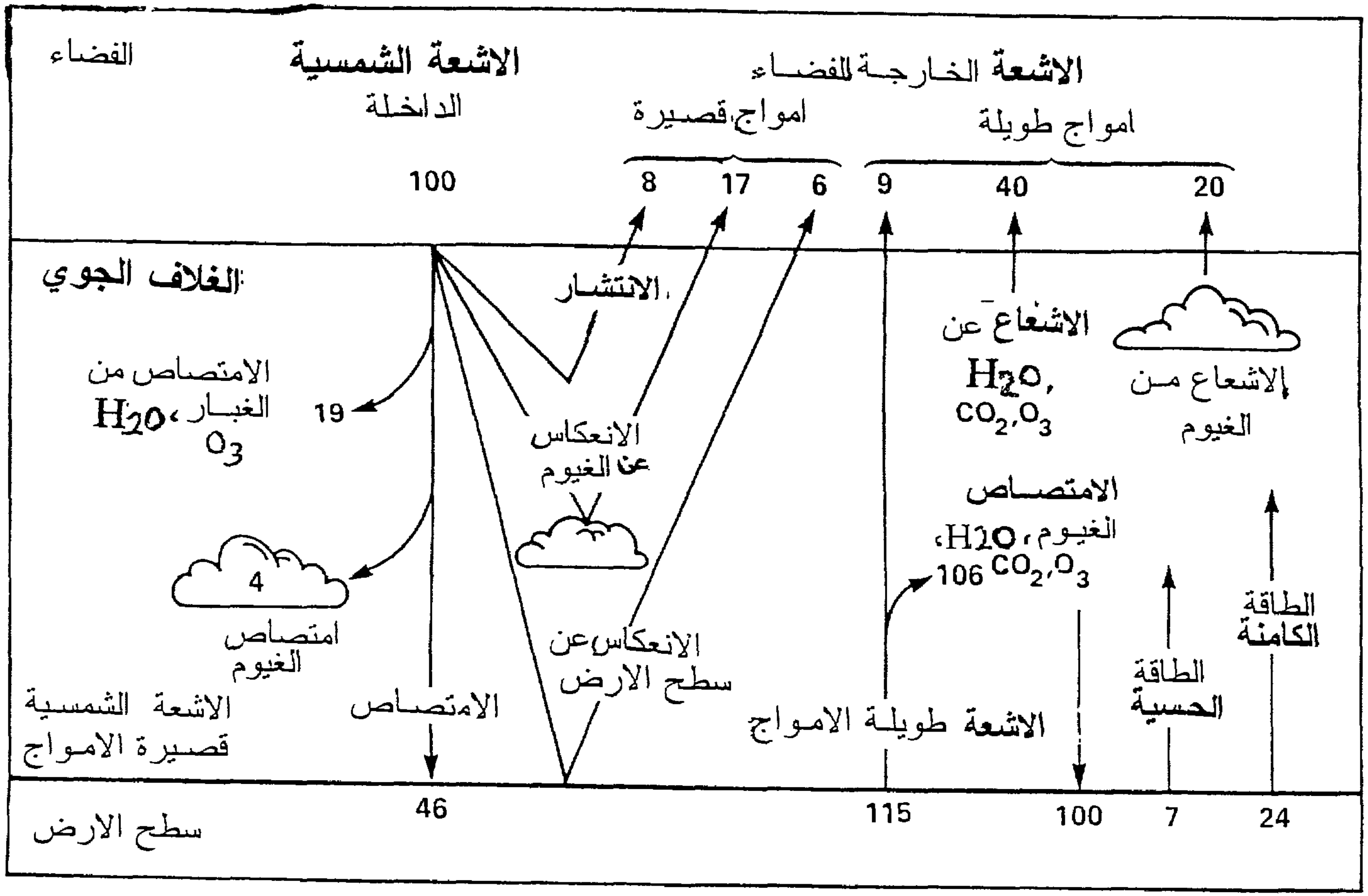
التوازن الاشعاعي: تتلقى الارض الاشعة الشمسية قصيرة الامواج وبنفس الوقت تفقد طاقة بالاشعة طويلة الامواج، والفرق بين ما تكسبه وتفقده يسمى بالتوازن الاشعاعي. ويختلف التوازن الاشعاعي خلال اليوم، فيكون ايجابي في النهار وسلبي في الليل. وكذلك يختلف من فصل لاخر ومن مكان لاخر على سطح

الارض. ويكون التوازن ايجابي في المناطق المدارية التي تكسب اكثر مما تفقد من الطاقة، بينما يكون التوازن سلبي في العروض الوسطى والعليا لانها تفقد اكثر مما تكسب من الطاقة. ويبين شكل ١٣ مقارنة بين كمية الاشعة المكتسبة والمفقودة حسب درجات العرض، ويلاحظ وجود منطقة فائض بين المدارين ومنطقة عجز في العروض الوسطى والعليا. ولكي يحافظ على توازن الطاقة في العالم تنتقل الطاقة بين مناطق الفائض والعجز.



شكل ١٣ : كمية الأشعة المكتسبة والمفقودة حسب درجة العرض

ويبين شكل ١٤ توازن الطاقة في العالم الذي يتأثر بعوامل الامتصاص والانتشار والانعكاس.



شكل ١٤ : توازن الطاقة

لنفرض ان ١٠٠ وحدة من الاشعاع الشمسي تسقط على سطح الغلاف الجوي، وتتوزع بالشكل التالي:

* ٢٥ وحدة تعود الى الفضاء عن طريق الانعكاس (١٧وحدة) والانتشار (٨وحدات) بفعل الغيوم والشوائب والغازات الجوية.

* ٢٣ وحدة يمتصها الغلاف الجوي، ١٩ وحدة منها تمتص بفعل الغبار والأوزون وبخار الماء و٤ وحدات بفعل الغيوم.

* ٥٢ وحدة تصل الى سطح الارض فينعكس منها ٦ وحدات وتمتص الأرض ٤٦ وحدة.

الغلاف الجوي وسطح الأرض كلاهما يسخنان ويشع كل منهما باتجاه الآخر طاقه بالاشعة تحت الحمراء طويلة الامواج.

* تشع الارض ١١٥ وحدة نحو الغلاف الجوي يذهب منها ٩ وحدات الى الفضاء ويمتص الهواء ١٠٦ وحدات.

* تفقد الارض ٢٤ وحدة بفعل الحرارة الكامنة و٧ وحدات بفعل الحرارة الحسية التي تسهم في تسخين الغلاف الجوي.

وبذلك تكون الارض قد فقدت ١٤٦ وحدة، وهي مكونه من ٤٦ وحدة التي اكتسبتها من الاشعة الشمسية مضافاً اليها ١٠٠ وحدة من الاشعاع الجوي. وكذلك فإن الغلاف الجوي يكون قد اكتسب ١٦٠ وحدة (٢٣ وحدة من الاشعاع الشمسي و ١٣٧ وحدة من الاشعاع الارضي)، وفقدت منها ١٠٠ وحدة باتجاه الارض و٦٠ وحدة باتجاه الفضاء. فيكون مجموع ما خرج الى الفضاء من الاشعه الشمسية والارضية والجوية ١٠٠ وحدة وهي مساوية للكمية التي دخلت الغلاف الجوي.

الحرارة Temperature:

تعتمد حرارة الجسم على كمية الاشعة الممتصة. وهي مقياس للطاقة الموجودة في المواد وتمثل احساس الجسم بالبرودة والسخونة. والحرارة متغيرة باستمرار وتقاس بجهاز الثيرموميتر Thermometer، ويعبر عنها بوحدات مختلفة اهمها الدرجات المئوية (م) والفهرنهايتية (ف) والمطلقة (ك). والدرجات المئوية هي الوحدة المتفق على استخدامها عالمياً، ويمكن التحويل من الدرجات المئوية الى الفهرنهايتية بالمعادلات البسيطة التالية:

ف = ٥/٩× م + ٣٢

م = ٩/٥ (ف – ٣٢)

وتحول الدرجات المئوية الى المطلقة بسهولة اذا علمنا ان الصفر المئوي (درجة تجمد الماء) يعادل ٢٧٣ك، وان كل درجة مئوية تعادل درجة مطلقة. وعلى سبيل المثال: ١٥°م تعادل ٢٧٣+١٥=٢٨٨°ك.

وتقاس درجات الحرارة في محطات كثيرة موزعة في جميع انحاء العالم، وكذلك تقاس درجات الحرارة العظمى والصغرى التي تستخدم في حساب:

المتوسط اليومي لدرجة الحرارة = مجموع درجتي الحرارة العظمى والصغرى المسجلة خلال يوم تقسيم ٢.

المدى اليومي لدرجة الحرارة = الفرق بين درجتي الحرارة العظمى والصغرى المسجلة في اليوم.

المتوسط الشهري لدرجة الحرارة = مجموع المتوسطات اليومية تقسيم عدد ايام الشهر.

المدى الفصلي لدرجة الحرارة = الفرق بين اعلى واقل متوسط شهري لدرجة الحرارة.

ولتسهيل عملية تحليل درجات الحرارة وتوزيعها ترسم خطوط الحرارة المتساوية والتي تصل بين المحطات المتساوية قي درجات الحرارة. ويبين شكل ١٥ و١٦ توزيع الحرارة في العالم في شهري شباط وتموز حيث يلاحظ ما يلي:

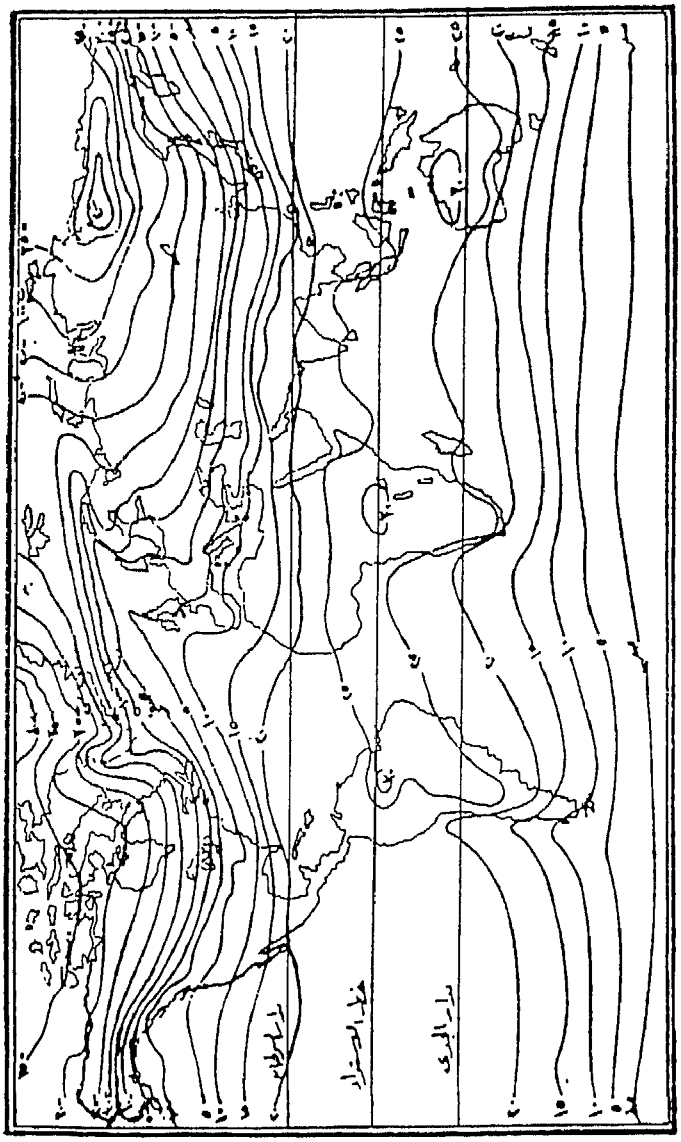
١- اتجاه خطوط الحرارة المتساوية من الشرق الى الغرب مع تناقص قيمتها بالاتجاه نحو الاقطاب.

٢- وجود خطوط باتجاه شمال - جنوب في فصل الشتاء فوق اليابس وفي العروض الوسطى والعليا كما هو في امريكا الشمالية.

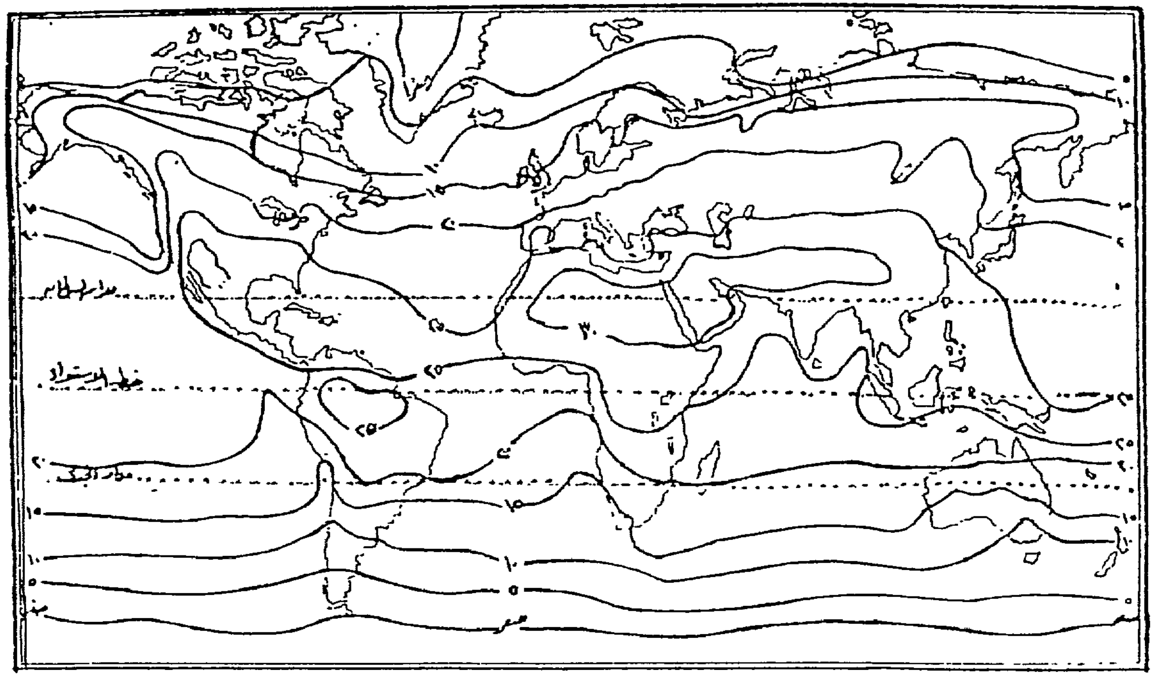
٣- وجود مراكز للحرارة المنخفضة في المناطق الواقعة بالقرب من الاقطاب وخاصة في فصل الشتاء كما هو في امريكا الشمالية واسيا وغرينلند والقارة القطبية الجنوبية.

٤- تغير بسيط في مواقع خطوط الحرارة بين فصلي الشتاء والصيف فوق المناطق الاستوائية والمحيطات، مما يعكس التشابه الفصلي في الاشعة الشمسية.

٥- تظهر المناطق الجبلية دائماً ابرد من المناطق المحيطة بها كما في امريكا الجنوبية.



شكل ١٥ : توزيع الحرارة في العالم خلال كانون الثاني (عبد العزيز شرف، ١٩٩٥)



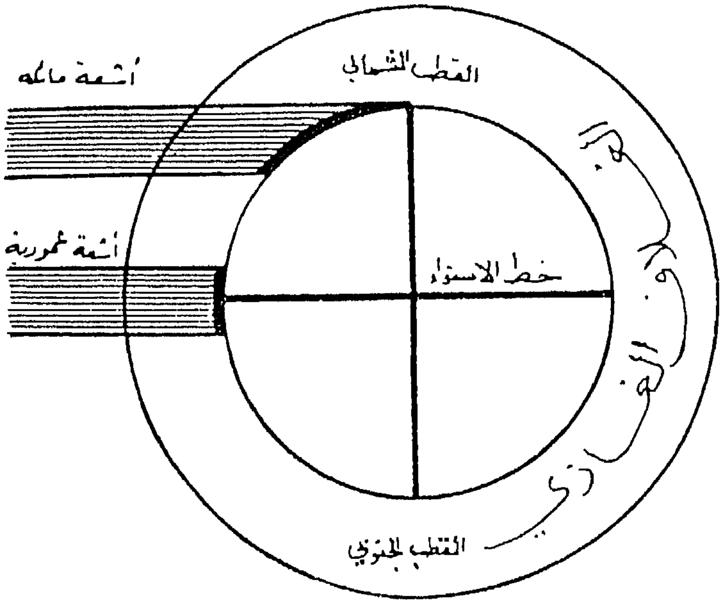
شكل ١٦ : توزيع الحرارة في العالم في تموز (عبد العزيز شرف، ١٩٩٥)

التوزيع الجغرافي للحرارة:

تختلف درجة الحرارة من مكان لاخر على سطح الارض لاختلاف كمية الاشعة الممتصة، وذلك بسبب العوامل التالية:

١ – **معامل الانعكاس** الذي يؤثر علـى الاشعة الممتصـة ومـن ثم درجـة حرارة الجسم. ان بطء ذوبان الثلوج مثلاً يعود الى ارتفاع معامل عكسها للاشـعة، بينمـا المواد السوداء تسخن بسرعة لانها تمتص كامل الاشعة الساقطة عليها.

٢– **زاوية ارتفاع الاشـعة الشمسية** الـذي يؤثـر علـى معـامل انعكـاس وتركـيز الاشعة. فالجسم الذي يتعـرض للاشـعه العموديـة يسـخن اكـثر مـن الجسـم الـذي يتعرض للاشعه المائلة وذلك لانخفـاض نسـبة انعكـاس الاشـعه العموديـة وزيـادة تركيزها. فتركيز الاشعة العموديـة اكبر من الاشـعة المائلـة لانهـا تتـوزع علـى مساحة اقل (شكل ١٧). وكذلك فان الاشعة المائلة تقطع مسافة اطول من الاشـعة العمودية ومن ثم يكون تعرضها للضياع اكثر.



شكل ١٧ : تأثير زاوية ارتفاع الشمس في تسخين سطح الأرض

٣- **درجة عرض المكان:** يزداد ميلان الاشعة الشمسية ومعامل الانعكاس بازدياد درجة العرض. لذلك تقل درجة الحرارة بالاتجاه نحو الاقطاب.

٤- **مدة سطوع الشمس:** تتأثر بطول النهار وصفاء الجو. ان ازدياد طول النهار في الصيف يزيد من كمية الاشعة الشمسية ومن ثم يرفع درجة الحرارة اكثر من الشتاء البارد الذي يقصر فيه النهار. ولصفاء الجو اهمية كبيرة على مدة سطوع الشمس ودرجة الحرارة، فالمناطق الصحراوية اكثر حرارة من المناطق الاستوائية لان سماءها تبقى صافية وخالية من الغيوم معظم ايام السنة، بينما تتكرر الغيوم يومياً في المناطق الاستوائية. لذلك فإن درجة حرارة اي سطح تعتمد على مدة تعرضه للاشعه الشمسية.

٥- **التضاريس:** تؤثر التضاريس على درجة الحرارة ما يلي:

أ- تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر، فقمم الجبال اقل حرارة من المناطق السهلية والمنخفضة.

ب- تؤثر درجة انحدار السفوح الجبلية على زاوية ارتفاع الاشعة الشمسية ومن ثم على درجة حرارتها.

جـ- اتجاه السفوح الجبلية حيث تزداد الحرارة على السفوح الجبلية المواجهة للشمس لمدة اطول. فالسفوح الجنوبية في نصف الكرة الشمالية اكثر حرارة من السفوح الشمالية.

د- تقف السلاسل الجبلية عائق امام انتقال الطاقة وتعمل على حماية بعض المناطق من الرياح الباردة.

٦- **توزيع اليابس والماء** يؤثر على الحرارة لان الماء يسخن ويبرد ببطء بينما اليابس تسخن وتبرد بسرعة، وذلك للاسباب التالية:

أ- معظم الطاقة تستغل في تسخين الطبقة السطحية الرقيقة من اليابس، والقليل من الطاقة ينتقل بالتوصيل الى الاسفل. بينما تنفذ الاشعة في الماء وتتوزع على

طبقة سمكية منه، كما وان معظم الطاقة تستغل في التبخر الذي يقلل من حرارة المياه السطحية.

ب- الحركة الرأسية للماء تحمل الطاقة الى الاعماق، حيث يسخن الماء بالحمل، بينما تسخن التربة بالتوصيل. بالاضافة الى ان الهواء الموجود في مسامات التربه يعيق انتقال الطاقه لان الهواء ردئ التوصيل للحراره.

جـ- الحرارة النوعية للماء اكبر من اليابس، لذلك فإن تسخين غرام واحد من الماء يحتاج الى طاقة اكبر من اليابس. الحرارة النوعية هي الطاقة اللازمة لرفع حرارة غرام من المادة درجة مئوية واحدة. وتحتوي مياه البحار والمحيطات على كميات هائلة من الطاقة، فالسعة الحرارية (كمية الطاقه اللازمه لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة مئوية واحدة) للماء كبيرة اذا ما قورنت باليابس.

٧- **النبات** يعمل على تلطيف درجة الحرارة، فدرجة الحرارة في المناطق المغطاة بالنبات اقل مما هي في المناطق الجرداء.

٨- **الرياح:** وهي من وسائل نقل الطاقة الهامة. فالرياح الشمالية الباردة كرياح المسترال والبورا تقلل من درجات الحرارة في الاماكن التي تهب عليها، بينما الرياح الحارة كالخماسين تزيد من درجة الحرارة.

٩- **التيارات البحرية:** وهي من وسائل نقل الطاقة حيث تؤثر على درجة الحرارة في المناطق الساحلية. وترتفع درجة الحرارة على السواحل التي تتعرض للتيارات البحرية الدافئة كسواحل اوروبا الشمالية الغربية لتعرضها لتيار الخليج الدافئ، وتنخفض درجة الحرارة على السواحل التي تتعرض للتيارات البحرية الباردة كسواحل كندا الشمالية الشرقية لتعرضها لتيار لبرادور البارد.

١٠- **الحرارة الكامنة Latent Heat:** وهي وسيلة لنقل الطاقة عن طريق تغير حالة الماء بين البخار والماء والجليد. ويبين جدول ٨ كمية الحرارة المكتسبة والمفقودة عند تغير حالة الماء. ويلاحظ ان اكبر كمية من الطاقة تنطلق في الجو عند حدوث التسامي المعكوس وهو تحول بخار الماء الى جليد بدون

المرور بحالة السيولة (-٦٨٠ سعر/غرام)، ونفس الكمية تخزن على شكل حرارة كامنة عندما يتحول الجليد الى بخار. فالتبخر من مياه البحر يحمل طاقة من المياه السطحية، وينتقل بخار الماء بفعل الرياح من مكان لآخر في الغلاف الجوي حتى يحدث التكاثف وتنطلق تلك الطاقة لتسخن الهواء.

جدول ٨: الحرارة الكامنة المكتسبة (+) والمفقودة (-) عند تحول الماء الى حالاته الثلاث: بخار وماء وجليد

الحالة	التحول	الطاقة المتبادلة
التبخر	سائل - بخار	+ ٦٠٠ سعر / غرام
التكاثف	بخار - سائل	- ٦٠٠ سعر / غرام
التجمد	سائل - جليد	- ٨٠ سعر / غرام
الانصهار	جليد - سائل	+ ٨٠ سعر / غرام
تسامي	جليد - بخار	+ ٦٨٠ سعر / غرام
تسامي (معكوس)	بخار - جليد	- ٦٨٠ سعر / غرام

المصدر: Albert Miller, 1971

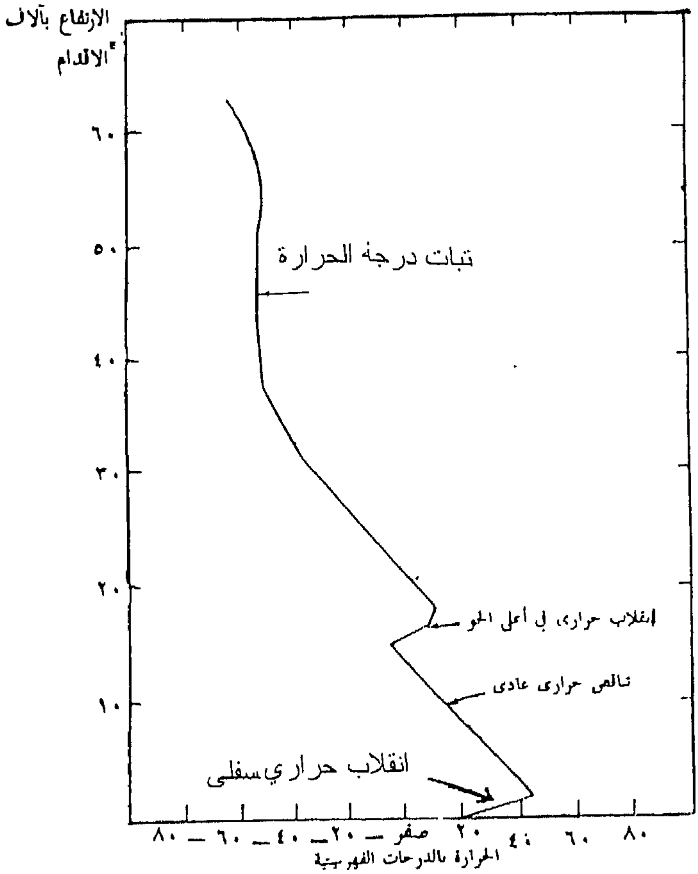
الاختلاف الرأسي للحرارة:

تتناقص درجة الحرارة بالاتفاع عن مستوى البحر في طبقة التروبوسفير بمعدل ٦,٥°م/كم ويسمى بمعدل تناقص الحرارة البيئي Environmental Lapse Rate. اما معدل تناقص درجة الحراة الذاتي (الكظمي) Adiabatic Lapse Rate فهو ١٠°م/كم في الهواء الجاف وحوالي ٣,٥°م/كم في الهواء المشبع بالرطوبه. وتتناقص درجة الحرارة بالارتفاع لان سطح الارض هو مصدر تسخين الهواء، وكلما ابتعد الهواء عن سطح الارض قلت درجة حرارته. والتناقص الكظمي لدرجة حرارة الهواء هو تغير درجة حرارة الهواء الذاتية

دون التأثر بحرارة الهواء المحيط به. فعندما يرتفع جزيء الهواء الى الاعلى يزداد حجمه لتناقص الضغط ومن ثم تقل درجة حرارته، والعكس صحيح عندما يهبط الهواء.

الانقلاب الحراري Temperature Inversion:

وهو تزايد درجات الحرارة بالارتفاع عن مستوى البحر. ويحدث في مستويات من الغلاف الجوي عند توفر الظروف الملائمة بحيث تكون طبقة من الهواء الدافيء فوق طبقة من الهواء الابرد نسبياً (شكل ١٨).



شكل ١٨ : تغير درجة الحرارة بالارتفاع في الجو

والانقلابات الحرارية انواع هي:

أ- الانقلابات الحراريـة السطحية حيث يبدأ تزايد الحرارة من سطح الارض ويمكن تصنيفها الى ثلاثة انواع:

١-**الانقلاب الشعاعي** وهو اكثر الانـواع شيوعاً ويحدث في الليل عندما يبرد سطح الارض بسبب فقدانه للطاقة بالاشعاع، فيصبح سطح الارض مصدر لتبريد الهواء السفلي ويتكـون الانقـلاب الحـراري، وقد يرافقه تكـون النـدى والصقيع. ويزول بعد شروق الشمس التـي تبدأ بتسخين الارض. ويختلف سمك طبقـة الانقلاب الشعاعي حسب الحالـة الجويـة، فـيزداد سـمكاً فـي الليـالي الطويلـة والصافية والهادئة التـي تزيد من انخفاض درجـة حرارة سطح الارض لانها تسمح بهروب كمية اكبر من الطاقة الارضية للفضاء.

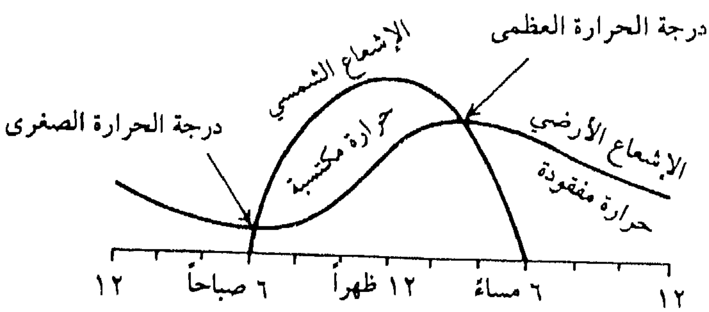
٢- **انقلاب الاودية** وهو لتأثير التضاريس على الانقلاب الشـعاعي. ويحدث في الليل عند هبوط الهواء البارد من فوق المنـاطق الجبليـة المرتفعـة نحـو الاوديـة ليحل محل الهواء الأدفئ الذي ارتفع الى الاعلى.

٣- **الانقلاب المنقول:** يحدث بسبب هبوب رياح دافئـة فـوق سـطح بـارد، فيبرد الهواء السفلي اكثر من الهـواء الـذي يعلوه مسببا تكـون الانقـلاب الحـراري. ويحدث ذلك عندما يكون سطح الارض بارداً او مغطى بالثلوج.

ب) الانقلاب الحراري العلوي: يتكون على ارتفاعات مختلفة في الغلاف الجـوي وفي الجزء الذي تتزايد فيه درجة الحرارة بالارتفـاع. ويحدث الانقـلاب العلـوي بسبب التيارات الهابطة فـي المرتفعـات الجويـة حيث تؤدي الـى تسخين الطبقـة السفلى من الهواء الهابط اكثر من الطبقة التـي تعلوهـا. ويتشكل ايضـا فـي حالـة وجود طبقة هواء ملوثة ترتفع درجة حرارتها اكثر من الهواء المحيط بها بسبب امتصاص الملوثات لنسبة اكبر من الاشعة. ومثال على ذلك وجود الاوزون فـي طبقة الستراتوسفير الذي يسبب تزايد الحرارة بالارتفاع، ويحدث مثـل ذلـك علـى مستويات مختلفة في طبقة التروبوسفير.

الدورة اليومية للحرارة:

تتغير كمية الاشعة الشمسية ودرجة الحرارة خلال اليوم بسبب دوران الارض حول محورها. ويبين شكل ١٩ العلاقة بين تغير الاشعة الشمسية ودرجة الحرارة في يومي الاعتدال عندما يتساوى طول الليل والنهار.وتشرق الشمس الساعة السادسة صباحاً وترتفع في السماء لتصل ذروتها في منتصف النهار (الساعة ١٢ ظهراً)، ثم يتناقص ارتفاعها حتى وقت الغروب الساعة السادسة مساءاً. ويتغير وقت شروق وغروب الشمس من يوم لاخر حسب الفصول. اما درجة الحرارة فتبدأ بالارتفاع بعد شروق الشمس وبعد ان يسخن سطح الارض الذي يسبب ارتفاع درجة حرارة الهواء. وتسجل اعلى درجة حرارة بعد منتصف النهار بساعة اوساعتين، ثم تتناقص درجة الحرارة تدريجياً حتى شروق الشمس في اليوم التالي. ويكون معدل تناقص الحرارة في الليل اكبر، وغالباً تسجل درجة الحرارة الصغرى قبيل شروق الشمس.



شكل ١٩ : الدورة اليومية للاشعة الشمسية الارضية

والفرق بين درجة الحرارة العظمى والصغرى يعرف بالمدى الحراري اليومي الذي يختلف من مكان لاخر حسب العوامل التالية:

١- **التضاريس:** المدى الحراري اليومي في الجبال اقل مما هو في المناطق السهلية.

٢- **البعد عن البحر:** يزداد المدى الحراري اليومي بالابتعاد عن تأثير البحار لأن الماء يسخن ببطء ويبرد ببطء بالمقارنه مع اليابس.

٣- **درجة العرض:** يزداد المدى الحراري اليومي بالاتجاه نحو الاقطاب، فهو في المناطق المدارية اقل من العروض الوسطى والعليا.

٤- **الحالة الجوية** تؤثر على المدى الحراري، فالغيوم والامطار والضباب والملوثات والرياح تقلل من المدى اليومي.

ويحسب المتوسط اليومي لدرجة الحرارة عادة من درجات الحرارة العظمى والصغرى. ويتناقص متوسط الحرارة بالاتجاه نحو الاقطاب والابتعاد عن البحر، والارتفاع عن مستوى البحر.

الدورة السنوية للحرارة: تختلف درجات الحرارة من فصل الى اخر تبعاً لتغير ميلان الاشعة الشمسية وطول النهار. وترتفع درجات الحرارة في فصل الصيف لازدياد طول النهار وزاوية ارتفاع الاشعة الشمسية التي تبلغ ذروتها في ٦/٢١ في نصف الكرة الشمالي عندما تكون الاشعة عمودية على مدار السرطان. وتسجل اعلى درجات الحرارة في المدة من وسط تموز حتى وسط آب. ويحدث العكس في فصل الشتاء حيث يزداد ميلان الاشعة ويقل طول النهار ليصل الى ادنى قيمة في ١٢/٢٢ في نصف الكرة الشمالي عندما تكون الشمس عمودية على مدار الجدي. وغالباً تسجل ادنى درجات الحرارة في كانون الثاني او شباط. اما فصلي الربيع والخريف فهما انتقاليان بين فصلي الصيف والشتاء ويتتميزان بالاعتدال في درجات الحرارة.

والمدى الحراري السنوي هو الفرق بين اعلى وادنى متوسط شهري لدرجات الحرارة. ويختلف من مكان لاخر حسب درجة العرض حيث يزداد

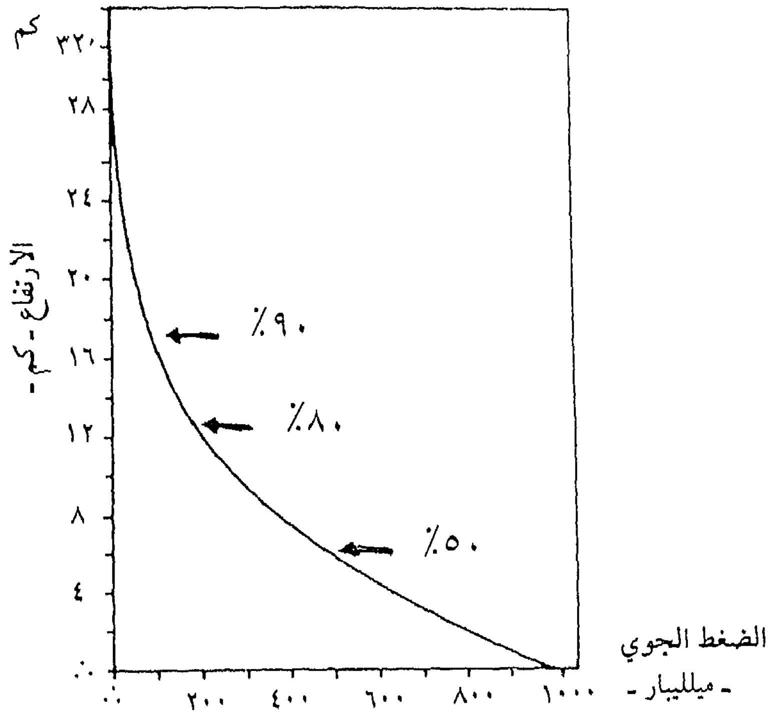
بالاتجاه نحو الاقطاب، وحسب البعد عن البحار حيث يصل اعلى قيمة في المناطق القارية كوسط اسيا وامريكا.

الضغط الجوي Atmospheric Pressure:

هو وزن عمود من الهواء الواقع على وحدة مساحة، وهو ناتج من ضغط الغازات المكونة للغلاف الجوي. ويقاس الضغط الجوي باجهزة البارومتر parometer المختلفة. فالضغط الجوي على مستوى البحر يساوي ٧٦سم زئبقي، ويعادل ١٠١٣,٢٥ ميليبار millibar وهي الوحدة المستخدمة عالمياً لقياس الضغط الجوي.

ويتناقص الضغط الجوي بالارتفاع عن مستوى البحر (شكل ٢٠) وذلك بسبب الجاذبية الارضية وقابلية الغازات للانضغاط مما يجعل كثافتها وتركيزها اكبر بالاقتراب من سطح الارض. ويختلف معدل تناقص الضغط الجوي حسب الارتفاع وبرودة الهوا، فيقل معدل تناقصه بالارتفاع عن مستوى البحر وكذلك يتناقص الضغط الجوي في الهواء البارد بمعدل اكبر مما في الهواء الدافئ. فهو واحد ميليبار لكل عشرة امتار في الطبقة السفلى (اول ٣كم) من التروبوسفير، او بمعدل ١/١٠ قيمته كل ١٦كم. فنصف الضغط الجوي يقع في اول ٦كم، و ٩٠٪ منه يقع في اول ١٦كم من الغلاف الجوي.

ويختلف توزيع الضغط الجوي من مكان لاخر على سطح الارض، ويؤثر هذا التغير المستمر على حركة الرياح والحالة الجوية اليومية. والعوامل التي تؤثر على توزيع الضغط الجوي هي:



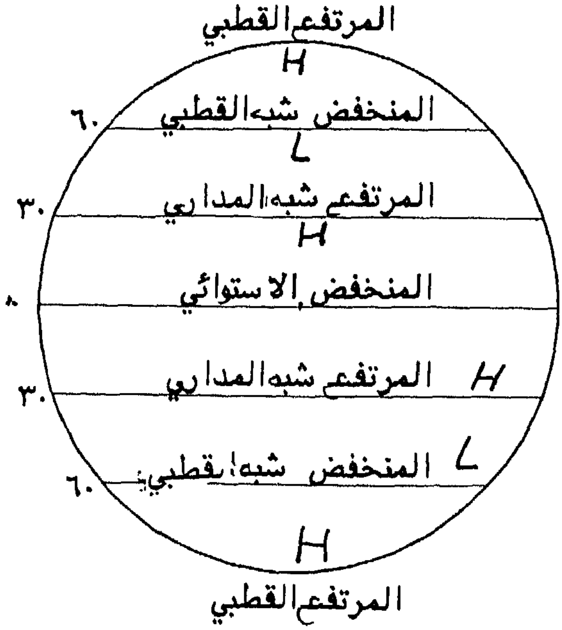
شكل ٢٠ : تناقص الضغط الجوي بالارتفاع (عن Eagleman, 1985)

١-الحرارة تؤثر على نشاط الغازات وكثافتها. وازدياد درجة حرارة الهواء تقلل من الضغط الجوي.

٢-الارتفاع عن مستوى البحر يصاحبه انخفاض الضغط الجوي بسبب تناقص كثافة وكتلة الغازات بالارتفاع.

٣- كتلة بخار الماء في الهواء، يقل الضغط بازدياد الرطوبة في الهواء لان كتلة بخار الماء اقل من كتلة الهواء الجاف.

٤- التقاء الكتل الهوائية المختلفة الخصائص وانخفاض الضغط الجوي بسبب صعود الهواء الاقل كثافة فوق الهواء الاكثر كثافة.



شكل ٢١ : توزيع الضغط الجوي

٥- الدورة العامة للغلاف الجوي تؤثر على توزيع الضغط الجوي. ويبين شكل ٢١ توزيع الضغط الجوي حسب درجات العرض وعلى النحو التالي:

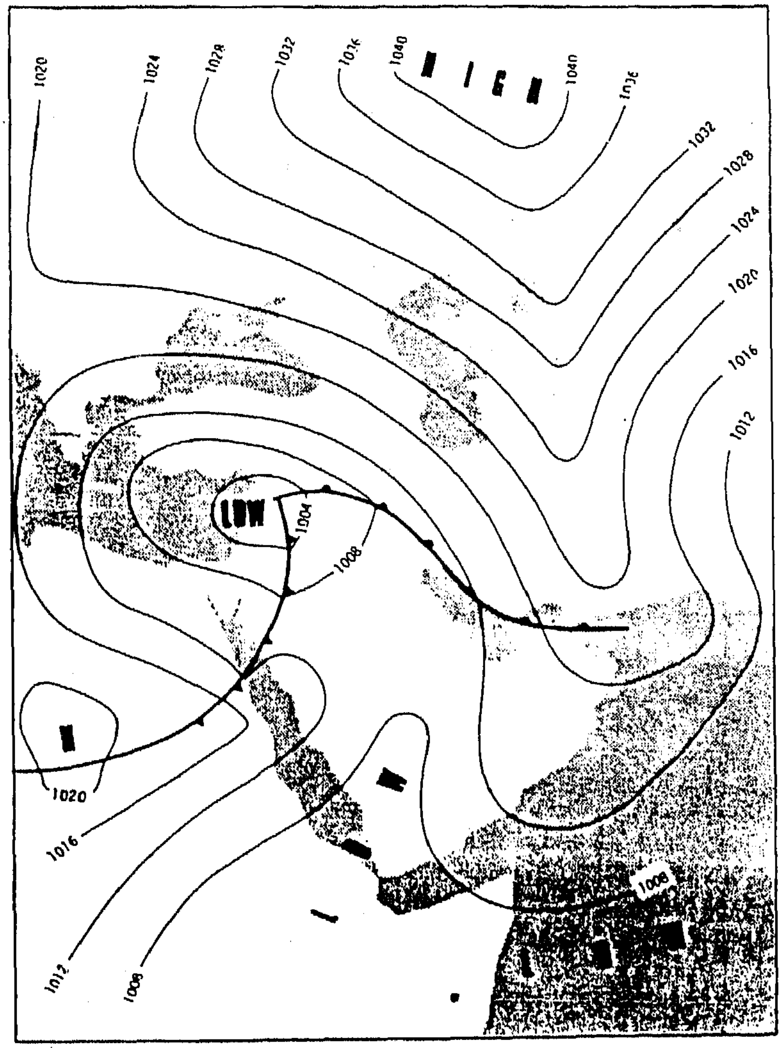
أ- المنخفض الاستوائي يسود فوق المناطق الاستوائية الدافئة والرطبة جدا.

ب- المرتفع شبه المداري فوق العروض المدارية (٢٠- ٣٠°).

جـ- المنخفض شبه القطبي في العروض المعتدلة بين ٣٠-٦٠°.

د- المرتفع القطبي في المناطق القطبية الباردة و الجافة جداً.

يقاس الضغط الجوي في محطات كثيرة موزعة في العالم. ولتسهيل تحليل بيانات الضغط الجوي تعدل الى مستوى البحر ثم ترسم خطوط الضغط المتساوي والتي تصل بين المحطات ذات الضغط المتساوي (شكل ٢٢). ومن تلك الخرائط يمكن تحديد ما يلي:



(٣) ١٠ مارس ١٩٧٠ ـــ الوقت ٠٩٠٠ محلي .

شكل ٢٢ : خطوط الضغط المتساوية (عبد الملك الكليب، ١٩٨٥)

١- توزيع الضغط الجوي، ويوضع حرف (L) في مراكز الضغط المنخفض Low Pressure وحرف (H) في مراكز الضغط المرتفع High Pressure.

٢- معرفة اتجاه الرياح والتي تتحرك من مناطق الضغط المرتفع نحو الضغط المنخفض، ومعرفة خصائص الرياح من حيث البرودة والرطوبة حسب مصدرها.

٣- تحديد مصادر الكتل الهوائية ومواقع الجبهات الهوائية التي لها دور كبير في الحالة الجوية اليومية.

المنخفضات الجوية Cyclones: تتصف بما يلي:

١- تناقص قيم الضغط بالاتجاه نحو مركز المنخفض الجوي.

٢- منطقة تجميع للرياح حيث تتجه الرياح نحو مركز المنخفض من جميع الاتجاهات.

٣- وجود تيارات هوائية صاعدة.

٤- تشكل الظاهرات الجوية كالغيوم والامطار والثلوج.

٥- المنخفضات الجوية في العروض الوسطى تكون مصحوبة بالجبهات الهوائية،

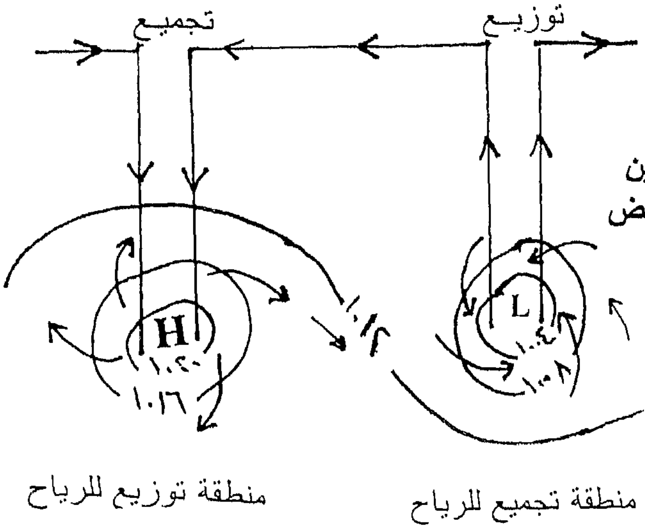
المرتفعات الجوية Anticyclones : وتتصف بما يلي:

١- تزايد قيم الضغط بالاتجاه نحو مركز المرتفع الجوي.

٢- يشكل مصدر للرياح فهو منطقة توزيع للرياح لجميع الاتجاهات.

٣- منطقة تيارات هوائية هابطة تسبب صفاء الجو.

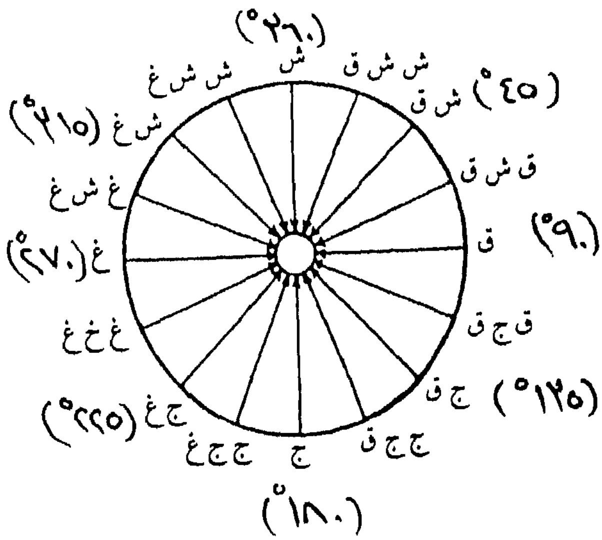
يبين شكل ٢٣ حركة الرياح السفلية والعلوية بين المنخفض والمرتفع الجوي. فالتيارات الصاعدة في المنخفض الجوي يقابلها تيارات هابطة في المرتفع الجوي، والرياح على سطح الارض معاكسة في الاتجاه للرياح في طبقات الجو العليا. فحركة الرياح تشكل دورة متكاملة بين المرتفع والمنخفض الجوي.



شكل ٢٣ : دورة الرياح بين المرتفع والمنخفض

الرياح:

الرياح هواء متحرك افقياً ويقاس بالاتجاه والسرعة. وتوصف الرياح من الجهة التي تهب منها ويعبر عنها ايضاً بالدرجات (شكل ٢٤).



شكل ٢٤ : اتجاه الرياح

فالرياح الشرقية (°٩٠) تهب من الشرق الى الغرب والرياح الجنوبية (°١٨٠) تهب من الجنوب الى الشمال والرياح الغربية (°٢٧٠) تهب من الغرب الى الشرق والرياح الشمالية (°٣٦٠) تهب من الشمال الى الجنوب. وتوصف سرعة الرياح بالمسافة والزمن، مثل ٦٠كم/ساعة او ١٥م/ث او ٤٥ عقدة حيث ان العقدة تساوي ١,٨٥٣ كم / ساعة. وتقاس سرعة الرياح بجهاز الأنيمومتر ذو الفناجين الذي تدل سرعة دورانها على سرعة الرياح.

تهب الرياح من مناطق الضغط المرتفع نحو الضغط المنخفض، وعند تحركها تتعرض لتأثير العوامل التالية:

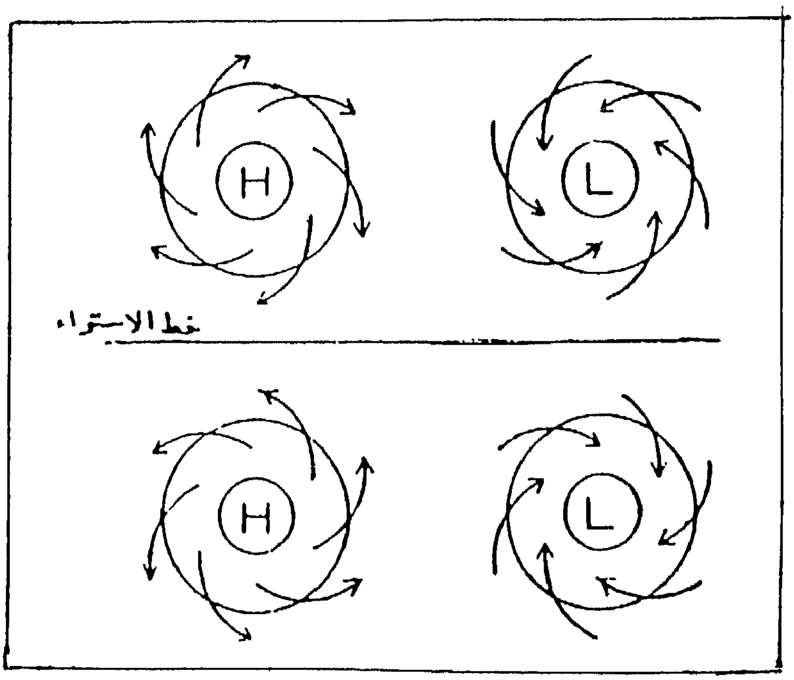
١- قوة انحدار الضغط الجوي Pressure Gradient وهي مقدار تغير الضغط بين المرتفع والمنخفض الجوي. ويختلف انحدار الضغط من وقت لاخر بسبب تغير الضغط المستمر. وتؤثر قوة انحدار الضغط على اتجاه الرياح بحيث تهب الرياح من مركز المرتفع الى مركز المنخفض الجوي قاطعة خطوط الضغط المتساوي بزاوية قائمة. وتزداد سرعة الرياح بازدياد انحدار الضغط. ويمكن التعرف على قوة انحدار الضغط من خلال مقارنة تباعد وتقارب خطوط الضغط المتساوية، فتزداد شدة الرياح كلما اقتربت الخطوط من بعضها البعض (شكل ٢٢).

ويصف قانون بالوت Ballot العلاقة بين الضغط والرياح بحيث اذا وقفت وظهرك لاتجاه الرياح في نصف الكرة الشمالي فان الضغط المنخفض يكون الى يسارك والضغط المرتفع الى يمينك.

٢- القوة الكورولية نسبة للعالم كوريولس Coriolis والناتجة عن دوران الارض حول محورها. وتسبب انحراف الاجسام المتحركة عن اتجاهها نحو اليمين في نصف الكرة الشمالي ونحو اليسار في نصف الكرة الجنوبي. فتؤثر على اتجاه الرياح، وتجعلها تدور باتجاه عكس دوران عقرب الساعة حول المنخفض الجوي وباتجاه عقرب الساعة حول المرتفع الجوي في النصف

الشمالي للارض، وعكس ذلك في نصف الكرة الجنوبي (شكل ٢٥). وتأثير القوة الكورولية معدوم على الدائرة الاستوائية ويزداد بالاتجاه نحو الاقطاب، كما وان ازدياد سرعة الرياح تزيد من تأثير القوة الكورولية وانحراف الرياح عن اتجاهها.

٣- الاحتكاك يقلل من سرعة الرياح ويعتمد تأثيره على خشونة السطح، فالرياح فوق المسطحات المائية اسرع مما هي فوق اليابس. وتزداد سرعة الرياح بالارتفاع عن السطح بسبب تضاؤل الاحتكاك، وعادة يهمل الاحتكاك في طبقات الجو العليا لبعدها عن تأثير السطح.

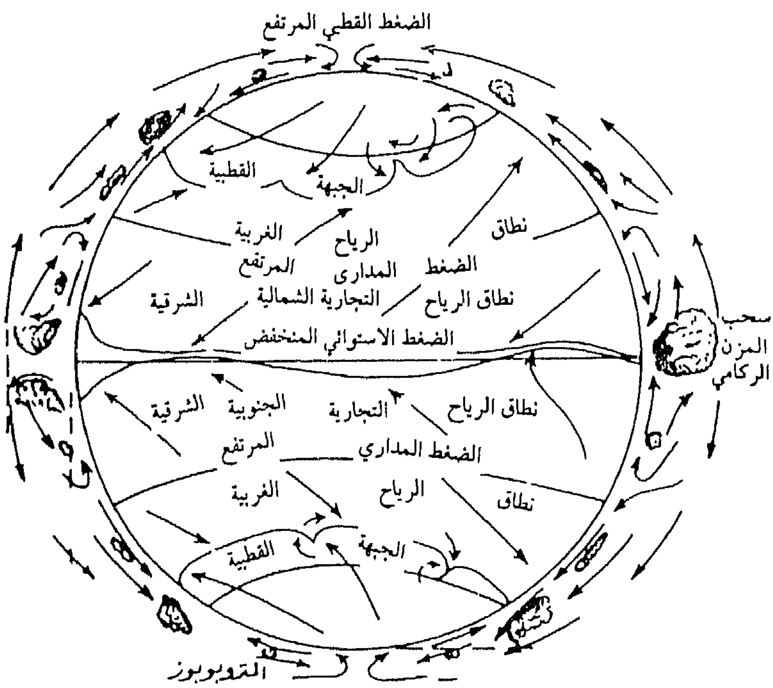


شكل ٢٥ : اتجاه الرياح حول مركز الضغط المرتفع والمنخفض في نصفي الكرة (شرف، ١٩٨٥)

٤- قوة الطرد عن المركز مساوية في القيمة ومعاكسة فـي الاتجـاه لقـوة الجـذب نحو المركز. ويظهر تأثيرهما على الرياح الدائريـة حـول مركـز الاعصـار، ولا تؤثر على الرياح المستقيمة.

أنواع الرياح السطحية:

أ) الرياح الدائمة (السائدة) وهي ثلاثة انواع (شكل ٢٦):



شكل ٢٦ : الرياح الدائمة (Trewartha, 1968)

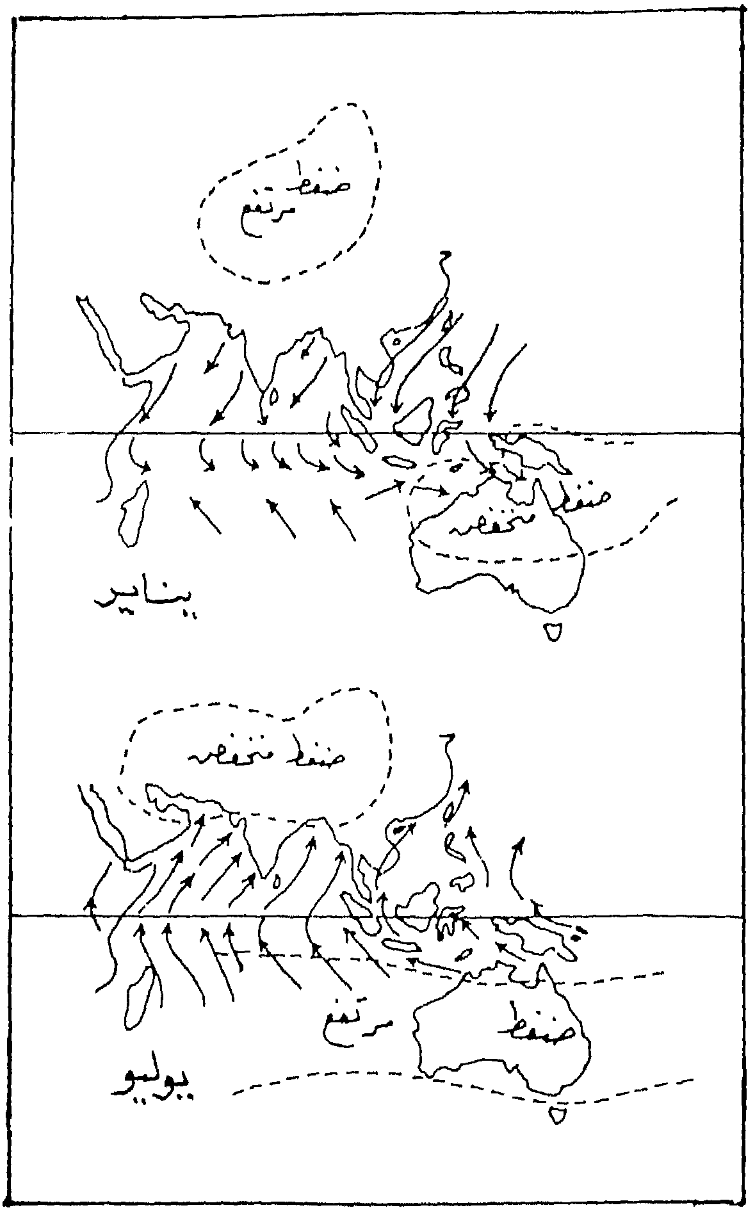
١- الرياح التجارية (الشرقية) تهب من مناطق المرتفع شبه المداري نحو المنخفض الاستوائي، فهي شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي وجنوبية شرقية في النصف الجنوبي، وتلتقي في منطقة الركود الاستوائية. وهي رياح جافة لانها قارية المصدر، وتصبح رطبة اذا مرت فوق المسطحات المائية لذلك تسبب سقوط الامطار على السواحل الشرقية للقارات. وهي رياح خفيفة ومنتظمة.

٢-الرياح العكسية (الغربية) تهب من مناطق المرتفع شبه المداري نحو المنخفض شبه القطبي، فهي جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي وشمالية غربية في النصف الجنوبي. وهي اكثر اضطراباً من الرياح التجارية وتكون مصحوبة بالمنخفضات الجوية.

٣- الرياح القطبية تهب من المرتفع القطبي نحو المنخفض شبه القطبي. وهي رياح باردة وجافة جداً.

ب) **الرياح الموسمية** منها الصيفية والشتوية (شكل ٢٧). وتنشط في جنوب وجنوب شرق اسيا حيث تلتقي المسطحات المائية الواسعة مع مساحة واسعة من اليابس. ففي الشتاء تهب الرياح الشمالية الباردة والجافة من المرتفع الاسيوي نحو المحيطات الاستوائية. اما في فصل الصيف تسخن اليابس ويتكون منخفض جوي (المنخفض الموسمي) فوق جنوب اسيا مسبباً حركة رياح جنوبية دافئة ورطبة من المحيط الهندي والهادي الى داخل قارة اسيا. وتسقط الامطار الموسمية الغزيرة في كل عام، وتسبب خسائر كبيرة في الهند وبنغلاديش والصين والمناطق المجاورة.

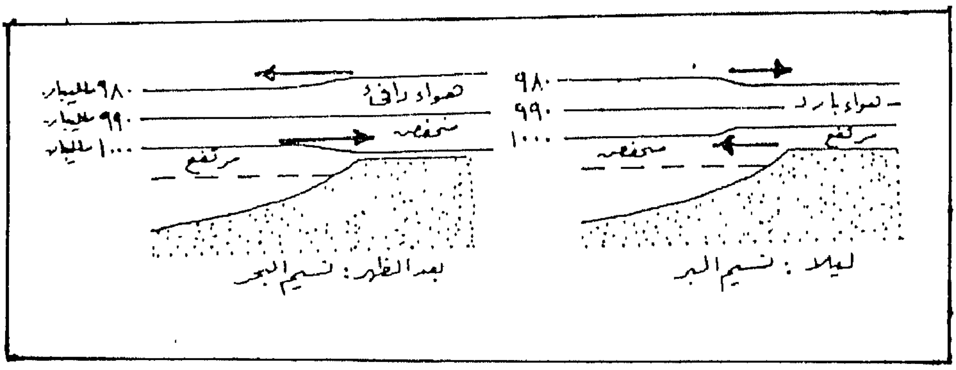
وتحدث الرياح الموسمية باقل شدة في امريكا الشمالية، وتهب الرياح الموسمية الشتوية الشمالية من المرتفع الكندي الى الولايات المتحدة، وفي الصيف تهب الرياح الجنوبية الرطبة من خليج المكسيك الى داخل الولايات المتحدة.



شكل ٢٧ : الرياح الموسمية على جنوب آسيا واستراليا (علي شاهين، ١٩٨٢)

جـ- **الرياح اليومية:** تحدث بسبب اختلاف درجة الحرارة والضغط الجوي بين الليل والنهار ومنها:

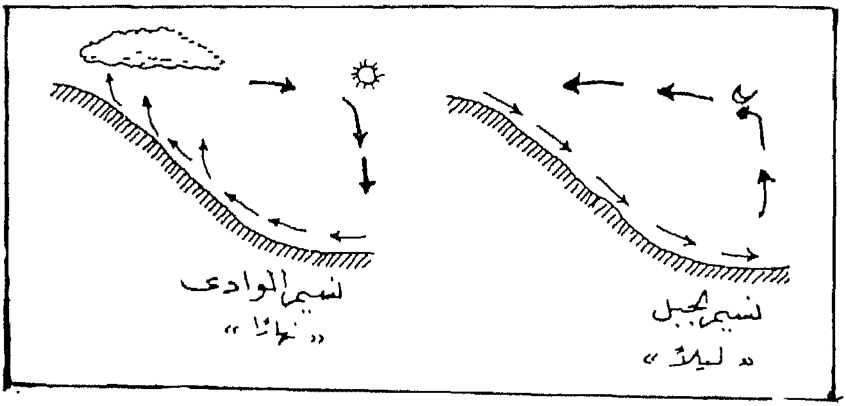
١- نسيم البر والبحر: تتكون بسبب اختلاف الضغط بين اليابس والمسطحات المائية. في النهار تسخن اليابس اكثر من الماء فيتكون منخفض فوق اليابس ومرتفع فوق المسطحات المائية، ويحدث نسيم البحر حيث تهب الرياح من البحر نحو اليابس. وفي الليل يحدث العكس في توزيع الضغط لان اليابس تبرد بسرعة فيهب نسيم البر نحو المسطحات المائية. ويبين شكل ٢٨ دورة الرياح اثناء حدوث نسيم البر والبحر. وتختلف شدتهما حسب الفرق في درجات الحرارة بين اليابس والماء وامتداد التضاريس الساحلية واتجاه الرياح السائدة. ويشعر سكان المناطق الساحلية بنسيم البحر لانه يعمل على تلطيف درجات الحرارة في الصيف.



شكل ٢٨ : نسيم البر ونسيم البحر (علي شاهين، ١٩٨٢)

٢- نسيم الجبل والوادي: ينتج عن الاختلاف اليومي للحرارة بين المرتفعات الجبلية والمناطق المنخفضة (شكل ٢٩). وفي الليل تبرد السفوح الجبلية اكثر من

الوادي فيتكون نسيم الجبل حيث تهبط الرياح الباردة نحو قاع الوادي، ويحدث العكس في النهار ويتكن نسيم الوادي. ويسبب نسيم الجبل حدوث انقلاب حراري يؤدي الى حدوث الصقيع في فصل الشتاء عندما تكون درجة حرارة الهواء الهابط دون درجة التجمد.



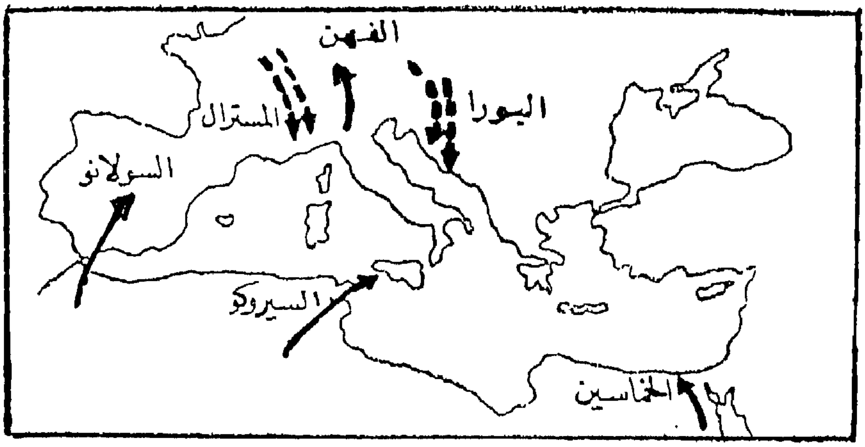
شكل ٢٩ : نسيم الجبل ونسيم الوادي (علي شاهين، ١٩٨٢)

د- **الرياح المحلية:** وهي انواع كثيرة ولها تسميات محلية مختلفة، وتحدث بسبب اختلاف الضغط والتضاريس ومنها (شكل ٣٠):

١- المسترال: تهب من المناطق الجبلية عبر وادي الرون الى جنوب فرنسا وهي رياح شمالية شديدة البرودة تهب في فصل الشتاء مع المنخفضات الجوية.

٢- البورا: رياح شمالية باردة تهب على شمال الادرياتي في فصل الشتاء ومصاحبة للمنخفضات الجوية، وتؤثر على يوغسلافيا.

٣- سانتا آنا: رياح شرقية حارة وجافة تهب احيانا من وسط الصحراء في جنوب كليفورينا عبر الجبال الساحلية وتصل الى ساحل المحيط الهادي من خلال معابر جبلية ضيقة، وتكون محملة بالغبار وتسهم في تنشيط حرائق الغابات.
٤- الخماسين: رياح جنوبية جافة ومحملة بالاتربة والغبار، تهب من الصحراء الكبرى ولها تسميات اخرى مثل القبلي في ليبيا والسموم في بلاد الشام والسيريكو في شمال المغرب والسولانو في اسبانيا.



شكل ٣٠ : الرياح المحلية في حوض البحر المتوسط

٥- الفهن: رياح حارة وجافة تهبط على السفوح الشمالية لجبال الالب على وديان سويسرا. وبسبب هبوطها تسخن وتُسرع من ذوبان الثلوج فوق جبال الالب. وتسمى رياح الشنوك على السفوح الشرقية لجبال روكي في الاويات المتحدة، ورياح زوندا في جبال الانديز في امريكا الجنوبية.

الرياح العلوية: واشهرها ما يعرف بالتيار النفاث Jet Stream، وهو عبارة عن مجرى من الرياح السريعة في طبقات الجو العليا وغالباً ما يتكون على ارتفاع

التروبوبوز ١٢كم. ولها اهمية كبيرة في نقل الطاقة والتأثير على الحالة الجوية اليومية على سطح الارض ومنها:

١- التيار النفاث القطبي: وهو مجرى من الرياح الغربية المتكونة في مناطق ذات الفروق الحرارية الكبيرة بين الرياح المدارية الدافئة والقطبية الباردة. وتصل سرعة الرياح الى حوالي ٥٠٠كم/ ساعة. وهو غيرثابت، ويتحرك شمالاً في الصيف وجنوباً في الشتاء بين ٣٠ ° - ٥٥ °م.

٢- التيار النفاث شبه المداري: وهو مجرى للرياح الغربية في المناطق شبه المدارية، ويكون مصاحباً للمرتفع شبه المداري وتصل اقصى سرعة له حوالي ٣٠٠كم/ساعة.

٣- التيار النفاث المداري: رياح شرقية تتكون في فصل الصيف فوق العروض المدارية في نصف الكرة الشمالي. وتصل اقصى سرعة له حوالي ١٨٠كم/ساعة. وله تأثير كبير على الرياح الموسمية.

ويوجد انواع اخرى من الرياح العلوية منها الرياح الجيوستروفية التي تتكون بسبب توازن القوة الكوروليه مع قوة انحدار الضغط الجوي، وهي رياح غربية مستقيمه. والرياح الدائريه التي تتكون عند تساوي القوة الطاردة عن المركز مع قوة انحدار الضغط، فتدور الرياح حول مركز المنخفض الذي يتصف بكثرة خطوط التساوي المغلقة حوله.

الرطوبة الجوية Humidity:

الرطوبه دلالة عن وجود بخار الماء في الهواء والناتج عن عملية التبخر والنتح Evapotranspiration. والمصدر الرئيسي لبخار الماء هو التربة والمسطحات المائية والنبات. ويوجد عوامل كثيرة تؤثر على معدل التبخر/النتح اهمها درجة الحرارة والرياح والرطوبة الجوية والضغط الجوي والاملاح المذابة

بالماء واتساع المسطحات المائية وعمقها والامواج ومستوى المياه الجوفية والتركيب الفسيولوجي للنبات.

والتبخر الفعلي هومقدار التبخر/ النتح الحقيقي. اما التبخر الكامن هو مقدار التبخر/النتح من سطح مغطى باعشاب قصيرة ولا تعاني من عجز مائي. ويتساوى التبخر الفعلي والكامن عندما تكون التربة رطبة، وبتناقص الرطوبة يقل التبخر الفعلي عن التبخر الكامن.

وتختلف كمية الرطوبة من مكان لاخر ومن وقت لاخر، فهي قليلة جداً اومعدومة في المناطق القطبية المتجمدة وتصل الى ٤٪ في المناطق الاستوائية الحارة. ويختلف مقدار استيعاب الهواء لبخار الماء حسب درجة الحرارة، فالهواء الحار يستوعب كمية اكبر من بخار الماء، ويقل استيعاب الهواء كلما قلت درجة حرارته. ودرجة اشباع الهواء هي كمية بخار الماء التي يستطيع الهواء استيعابها على درجة حرارة معينة. ويبين جدول ٩ كمية بخار الماء اللازمه لاشباع الهواء على درجات حرارة مختلفة. ويوجد عدة مقاييس للرطوبة الجوية منها:

١- **الرطوبة المطلقة** هي كمية بخار الماء (غم) الموجودة في حجم معين من الهواء (م٣). والرطوبه المطلقه الاشباعية هي كتلة بخار الماء اللازمه لاشباع م٣ من الهواء على درجة حرارة معينة (جدول ٩).

٢- **الرطوبة النوعية** وهي نسبة كتلة بخار الماء (غم) الى كتلة الهواء الرطب (كغم). والرطوبة النوعية الاشباعية هي كتلة بخار الماء اللازمة لاشباع كيلوغرام من الهواء الرطب على درجة حرارة معينة.

٣- **معامل الخلط** وهو نسبة كتلة بخار الماء (غم) الى كتلة الهواء الجاف (كغم). ومعامل الخلط الاشباعي هي كتلة بخار الماء اللازمة لاشباع كيلوغرام من الهواء الجاف على درجة حرارة معينة.

جدول (٩) العلاقة بين درجة الحرارة ودرجة اشباع الهواء ببخار الماء

درجة الحرارة (٢)	ضغط بخار الماء (مليبار)	الرطوبة النوعية غم/ كغم	الرطوبة المطلقة غم/م٣
صفر	٦	٣,٨	٤,٨٥
١٠	١٢	٧,٦٧	٩,٤١
٢٠	٢٣	١٤,٧	١٧,٣١
٣٠	٤٢	٢٦,٩	٣٠,٤
٤٠	٧٤	٤٧,٣	٥١,٢

المصدر: نعمان شحادة: ١٩٨٣.

٤- **درجة الندى** وهي درجة الحرارة التي يبرد اليها الهواء حتى يصل الى حالة الاشباع بسبب التبريد.

٥- **الرطوبة النسبية** وهي نسبة كمية بخاء الماء الموجودة فعلاً في الهواء (ضغط بخار الماء الفعلي) الى كمية بخار الماء اللازمة لاشباع الهواء (ضغط بخار الماء الاشباعي) على درجة حرارة معينة. وهي اكثر المقاييس شيوعاً وتتراوح بين صفر و ١٠٠٪. ويمكن زيادة الرطوبة النسبية بطريقتين: اضافة بخار الماء عن طريق التبخر، او تبريد الهواء. وبتناقص درجة حرارة الهواء تقل درجة اشباع الهواء او ضغط بخار الماء الاشباعي مما يزيد من قيمة الرطوبة النسبية. فالرطوبة النسبية في الليل والشتاء اكثر مما هي في النهار والصيف بسبب اختلاف درجة الحرارة.

الكتل الهوائية Air Masses:

هي حجم ضخم من الهواء الذي يغطي مساحة واسعة ويتصف بالتجانس من حيث درجة الحرارة والرطوبة وغيرها من العناصر التي تميزها عن الكتل المجاورة، وهي الخصائص التي تكتسبها الكتلة الهوائية من منطقة المصدر. ومصادر الكتل الهوائية مناطق واسعة ومتجانسة السطح كالمسطحات المائية والصحراء الكبرى وسيبيريا ووسط كندا والمناطق القطبية. ويستقر الهواء فوق تلك المناطق ويكتسب خصائصها المناخية من حيث درجة الحرارة والرطوبه والضغط. وتتعرض تلك الخصائص للتغير اثناء مرور الكتل الهوائية على سطح ذو خصائص مختلفة، فالكتلة الهوائية الجافة تصبح رطبة اذا مرت فوق سطح مائي، وتتغير درجة حرارة الكتلة الباردة اذا مرت على سطح ادفئ.

انواع الكتل الهوائية:

تقسم الكتل الهوائية الى ٤ انواع حسب درجة الحرارة وهي:

١) **الكتل القطبية المتجمدة** (A) مصدرها المناطق دائمة التجمد كالمحيط المتجمد الشمالي والقارة القطبية الجنوبية.

٢) **الكتل القطبية** (P) مصدرها العروض البادرة مثل سيبيريا ووسط كندا والمناطق الشمالية من المحيط الاطلسي والهادي.

٣) **الكتل المدارية** (T) مصدرها المناطق المدارية مثل الصحراء الكبرى والمحيطات المدارية الدافئة.

٤) **الكتل الاستوائية** (E) ومصدرها المحيطات الاستوائية الحارة.

وتقسم الكتل الهوائية حسب الرطوبة الى نوعين هما:

١- كتل رطبة (m) ومصدرها المسطحات المائية.

٢- كتل جافة (c) ومصدرها القارات.

وعلى اساس الحرارة والرطوبة يمكن تميز الانواع التالية:

١) الكتل الهوائية المتجمدة (cA) وهي كتل باردة وجافة جداً، تصل درجة حرارتها الى -٤٦°م والرطوبة الى ٠,١ غرام/ كغم. ومصدرها المناطق القطبيه المتجمدة.

٢) الكتل الهوائية القطبية الجافة (cP) وهي كتل باردة وجافة تصل درجة الحراة فيها الى -١١°م والرطوبة ١,٤غرام/كغم. ومصدرها المناطق الباردة من القارات.

٣) الكتل الهوائية القطبية الرطبة (mP) وهي كتل باردة ورطبة، تصل درجة حرارتها الى ٤°م والرطوبة ٤,٤ غرام/ كغم.مصدرها المسطحات المائية الباردة.

٤) الكتل الهوائية المدارية الجافة (cT) وهي كتل دافئة جافة تصل درجة حرارتها الى ٢٤°م والرطوبة ١١غرام/ كغم. ومصدرها المناطق القاريه المدارية.

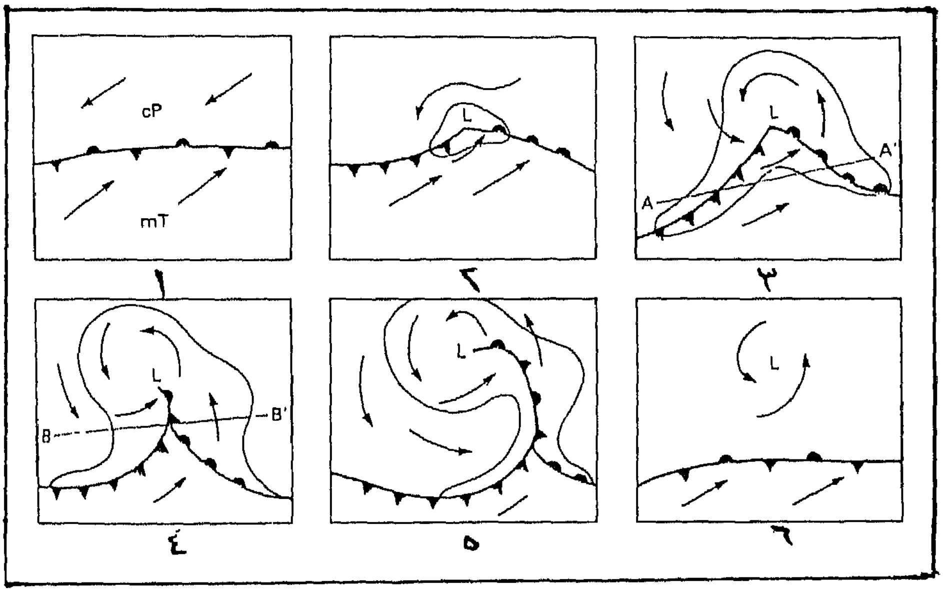
٥) الكتل الهوائية المدارية الرطبة (mT) وهي كتل دافئة رطبة تصل درجة حرارتها الى ٢٤°م والرطوبة ١٧غرام/كغم. ومصدرها المسطحات المائية المدارية.

٦) الكتل الاستوائية الرطبة (mE) وهي حارة ورطبة جداً تصل درجة حرارتها الى ٢٧°م والرطوبة ١٩غرام/كغم. ومصدرها المناطق الاستوائية.

الجبهات الهوائية Air Fronts:

الجبهات الهوائية سطوح تفصل بين الكتل الهوائية المختلفة الخصائص. وقد تم التعرف عليها في فترة الحرب العالمية الاولى واصبح لها اهمية كبيرة في

عملية التنبؤات الجوية اليومية. وتنحدر الجبهات الهوائية من طبقات الجو العليا نحو سطح الارض كمقدمات للكتل الهوائية. والجبهات الهوائية تكون مصاحبة للمنخفضات الجوية في العروض الوسطى. **وهي عدة انـــــواع** (شكل ٣١):



شكل ٣١: مراحل دورة منخفضات في العروض الوسطى والجبهات الهوائية
(Eagleman, 1985)

١) **الجبهة الهوائية الباردة** وهي مقدمة الكتل الباردة التي تتحرك نحو منطقة ذات هواء دافئ نسبياً، ويبقى الهواء البارد على سطح الارض بينما يرتفع الهواء الدافيء الاقل كثافة الى الاعلى. فيبرد الهواء الصاعد مسبباً حدوث التكاثف وتشكل الغيوم وسقوط الامطار. وان انحدار سطح الجبهة الباردة شديد (١/١٠٠) لذلك تتكون غيوم المزن الركامية التي تسبب حدوث اضطرابات جوية

قوية، كالعواصف الرعدية الكثيفة الغيوم والهطول. وتمتد الجبهه الباردة الى الغرب من مركز المنخفض، ويبلغ معدل سرعتها ٣٥كم/ ساعه.

٢) **الجبهة الهوائية الدافئة** هي مقدمة الكتل الدافئة التي تتحرك نحو منطقة ذات هواء ابرد نسبياً فيرتفع الهواء الدافئ الى اعلى وبتكاثفه تتكون الغيوم وتسقط الامطار الخفيفة فوق منطقة الجبهة. وبما ان انحدار سطح الجبهة الدافئة قليل (١/٢٠٠) لذلك تكون مصاحبة باحوال جوية اقل اضطراباً مما هي في منطقة الجبهة الباردة. وتقع الجبهة الدافئه امام المنخفض الجوي وتمتد الى الشرق من مركز المنخفض، وهي اقل سرعة من الجبهة الباردة فمعدل سرعتها ٢٥كم/ ساعه.

٣) **الجبهة الممتلئة** تتشكل عندما تلحق الجبهة الباردة بالدافئة، فيرتفع الهواء الدافئ كلياً عن سطح الارض فوق الهواء البارد.

٤) **الجبهة المستقرة** تحدث عند ثبوت واستقرار الجبهة الدافئة او الباردة عند اصطدامها بالسلاسل الجبلية المرتفعة. واذا كان الهواء الدافئ رطباً تسبب الجبهة المستقرة سقوط امطار كثيرة على مكان استقرار الجبهة الهوائية.

ويبين شكل (٣١) مراحل تطور الجبهات الهوائية حسب تصنيف J. Bjerknes، والتي تبدأ بالجبهة المستقرة، وفي المرحلة الثانية والثالثة تتكون الجبهات الهوائية الباردة والدافئة ويظهر المنخفض الجوي. وفي المراحل الرابعة والخامسة تتطور الجبهة الممتلئة التي تنتهي بالمرحلة الاخيرة المشابهة للمرحلة الاولى.

التكاثف Condensation:

هو عملية تحول بخار الماء الى قطرات مائية او بلورات ثلجية، وغالباً يحدث بسب ارتفاع الرطوبة النسبية الناتج عن تبريد الهواء اثناء ارتفاعه الى

الاعلى فوق السفوح الجبلية او بتيارات الحمل القوية. ولكي يحدث التكاثف لابد من توفر انوية التكاثف التي تسرع من عملية تكاثف بخار الماء وقبل ان تصل الرطوبة النسبية الى ١٠٠٪. وأنوية التكاثف عبارة عن جزئيات صغيرة من الغبار والاتربة والحوامض والاملاح والدخان المعلقة في الهواء. ولنوع وحجم انوية التكاثف اهميه في سرعة امتصاص بخار الماء وتكوين القطرات المائية. وافضلها هي الانوية التي تمتص الماء وتذوب فيه كالانوية الملحية. وللتكاثف اشكال متعددة منها:

١- **الندى:** يظهر على شكل قطرات مائية تكاثفت على السطوح الباردة التي تنخفض درجة حرارتها الى درجة الندى. ويتكون في الليل ويزول بعد شروق الشمس. ومن شروط تكوينه بالاضافة الى توفر الرطوبة، السماء الصافية والليالي الطويلة والهادئة. وفائدة الندى في انه يزود التربة بالماء الذي تستفيد منه المزروعات.

٢- **الضباب:** يتكون من قطرات مائية او بلورات ثلجية معلقة بالهواء وتقلل من مدى الرؤيا، وقد تكون من الغيوم المنخفضة الملامسة لسطح الارض. وللضباب اثار سلبية في اعاقة حركة السيارات والطائرات. ويتشكل بسبب التكاثف الناتج عن انخفاض درجة حرارة الهواء السفلي، ويقسم الضباب الى:

أ- الضباب الشعاعي: وهو الاكثر شيوعاً. ويتكون في الليل بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء الى درجة الندى بالاشعاع مما يؤدي الى تكاثف بخار الماء وتكون الضباب. ومن شروط تكونه الليالي الطويلة والهادئة والسماء الصافية حيث تفقد الارض طاقة اكثر بالاشعاع وتنخفض درجة حرارتها. ويزول بعد شروق الشمس.

ب- الضباب المنقول: ويحدث عند هبوب هواء دافيء ورطب فوق سطح بارد، فيبرد الهواء السفلي مسبباً تكون الضباب. ويكثر تكونه في المناطق الساحلية وفوق المسطحات المائية عند التقاء التيارات البحرية الباردة والدافئة.

جـ- ضباب السفوح الجبلية: ويتشكل بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء اثناء صعوده على السفوح العالية. لذلك يتكرر الضباب فوق المناطق الجبلية اكثر من المناطق السهلية والمنخفضة.

د- ضباب الجبهات الهوائية: يكثر في فصل الشتاء عندما يتشبع الهواء في مقدمة الجبهة الهوائية الدافئة بسبب سقوط الامطار، ويتكون ايضاً عند وصول جبهة هوائية باردة ضعيفة. حيث يصل الهواء الى درجة الاشباع فيتكاثف بخار الماء مكوناً الضباب.

هـ- ضباب البخار او ضباب البحر: يكثر انتشاره على السواحل الشرقية لامريكا الشمالية واسيا والمنطقة القطبية. ويتشكل بسبب التبخر الشديد من المسطحات المائية مما يزيد من رطوبة الهواء البارد فوقها ليصل الى درجة الاشباع فيتكون الضباب. لذلك فان هذا النوع لا يحدث بالتبريد بل باضافة بخار الماء الى الهواء البارد غير المشبع.

و- ضباب المدن مثل الضباب الدخاني(الضبخان) والكيماوي الناتج عن اختلاط قطرات الماء بالدخان، لذلك يكثر وجوده فوق المدن والمناطق الصناعية. وله اضرار صحية كبيرة على الناس.

٣- **الصقيع:** وهو الظروف التي تسود عند انخفاض درجة الحرارة الى ما دون درجة التجمد أو الصفر المئوي. ويسبب الصقيع خسائر كبيرة بالنسبة للمحاصيل الزراعية، لذلك يلجأ المزارعون الى مكافحة الصقيع لتقليل اثاره السلبية بطرق مختلفة كالتدخين وتغطية المزروعات بمواد عازلة والري وعمل مصدات الرياح. و يقسم الصقيع الى:

أ- الصقيع الشعاعي: يتكون في الليالي الطويلة والصافية والهادئة حيث يفقد سطح الارض جزءاً كبيراً من الطاقة بالاشعاع، ويتشكل الصقيع في الشتاء عندما تنخفض درجة الحرارة الى درجة التجمد. وهو محدود الانتشار ويزول بعد شروق الشمس. ويتأثر تكونه بعوامل منها التضاريس حيث يكثر حدوثه في

الاودية التي تتعرض لهبوط الرياح الجبلية البـاردة(نسيم الجبـل)، رطوبـة التربـة حيث يكون تكرار الصقيع في التربة الرطبة اقل من التربة الجافه.

ب- الصقيع المنقول: يحدث عند هبوب كتلة هوائية باردة جداً بدرجة حرارة اقل من الصفر المئوي. ويتكـون فـي اي وقت وقـد يسـتمر لايـام، ويغطـي مسـاحات واسعه ويسبب خسائر ماديه وزراعية كبيره.

٤-**الغيوم Clouds**: وهـي عبـارة عـن كتـل مرئيـة مـن بخـار المـاء المتكـاثف. تتكون الغيوم بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء الرطب اثنـاء صعـوده للاعلـى على شكل تيارات حمل قوية اوفوق السفوح الجبلية العالية. وبتكاثف بخـار المـاء في الهواء المشبع تتكون الغيوم على ارتفاعات مختلفـة فـي التروبوسـفير. وتقسـم الغيوم حسب درجة الحرارة الى ثلاثة انواع هي:

أ- الغيوم الدافئة التي تتكون من قطرات مائية في الطبقة السفلى الدافئة التي تزيد درجة حرارتها عن الصفر المئوي.

ب- الغيوم الباردة التي تتكون من بلورات ثلجية في الطبقة العليا الباردة التي تقل درجة حرارتها عن الصفر المئوي.

جـ- الغيـوم المختلطـة وهـي الغيـوم متوسـطة الارتفـاع والتـي يمـر خلالهـا خـط الصفر المئوي، وتتكـون البلـورات الثلجيـة فـوق خـط الصفـر والقطـرات المائيـة تحته.

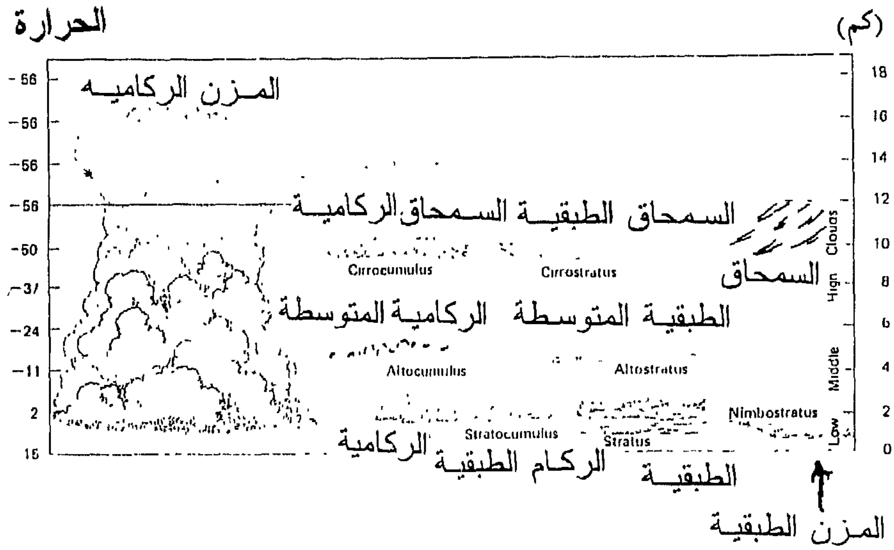
وعلى اساس الارتفاع تقسم الغيوم الى ما يلي (شكل ٣٢):

أ- **الغيوم المنخفضة** وهي التي يقل ارتفاعها عن ٢كم وهي غيوم دافئة وتتكـون غالباً من قطرات مائية، وهي ثلاثة انواع:

١- الركامية Cumulus: ولها قاعدة مسـتوية وقمـة، تتكـون فـي النهـار بسبب تيارات الحمل الناتجة عن تسخين الهواء، وتختفي في الليل.

٢- الطبقية Stratus: منبسطة السطح وبدون قمة وتغطي مساحة كبيرة، تتكون في الليل وتتلاشى بعد شروق الشمس.

٣- الركام الطبقية Stratocumulus: تنتشر بطبقات طويلة، وتتكون عند الغروب وتتلاشى في الليل. واحياناً يصحبها سقوط المطر.



شكل ٣٢ : انواع الغيوم

ب- **الغيوم متوسطة** الارتفاع بين ٢-٦كم، وهي غيوم مختلطة تتكون من قطرات مائية وبلورات ثلجية، وانواعها:

١- الطبقية المتوسطة Altostratus وتسبب هطول الامطار المعتدلة والثلوج في فصل الشتاء ولا يوجد لها شكل خاص.

٢- الركامية المتوسطةAltocumulus وهي غيوم كبيرة الحجم وتسبب سقوط الامطار الخفيفة.

جـ- **الغيوم العالية** على ارتفاع اكثر من ٦كم، وهي غيوم باردة تتكون من البلورات الثلجية، انواعها:

١- السمحاق Cirrus: وهي سحب رقيقة بيضاء اللون تظهر على شكل ريش الطيور، تتكون عادة في الليل وتتلاشى في النهار، وتظهر قبل سقوط المطر او الثلوج.

٢- السمحاق الطبقيةCirrostratus: واسعة الانتشار وتُنذر بسقوط المطر، وقليل ما تصل امطارها الى سطح الارض.

٣- السمحاق الركامية Cirrocumulus: غيوم رقيقة تظهر على شكل مجموعات او صفوف طويلة متراصة، وظهورها دلالة على ان الجو سيتغير بعد يوم او يومين.

د- الغيوم ذات النمو العمودي وهي:

١- المزن الطبقية Nimbostratus، ليس لها شكل خاص، ويصل سمكها لعدة كيلومترات وتسبب سقوط المطر والثلوج. وتتكون على ارتفاع بين ١-٥كم.

٢- المزن الركاميه Cumulinbus: تتكون بسبب تيارات الحمل القوية وتنمو بشكل سريع ويصل ارتفاعها الى التروبوبوز بسماكه ١٠-١٥كم، وتسبب حدوث العواصف الرعدية القوية المصحوبة بالامطار والثلوج والبرّد.

الهطول Precipitation:

تتكون الغيوم الغير ممطرة من قطرات مائيــة او بلـورات ثلجيـة صغيرة معلقة في الهواء. وان نمو تلك القطرات ضروري لكي تصل الى حجم بحيث لا تستطيع مقاومة قوة الجاذبية الارضية فتسقط الى سطح الارض. وتنمـو قطـرات المـاء بطـرق متعـددة، ومـن تلـك الطـرق نموهـا فـي الغيـوم الدافئـة عـن طريـق تصادمهـا معـاً اثنـاء سقوط القطـرات الكبيرة الأسـرع مـن القطـرات الصـغيرة، فتتجمع القطـرات الصغيرة حـول القطـرات الاكبر. امـا فـي الغيـوم البـاردة فـي طبقات الجو العليـا فتنمـو البلـورات الثلجيـة علـى حسـاب القطـرات المائيـة فـوق المبردة Supercooled droplets.

ويختلف نوع الهطول الذي يصل الى سطح الارض حسب رطوبة الهواء وشدة التيارات الصاعدة ودرجة حرارة سطح الارض والهواء. ومن اكثر اشـكال الهطول انتشاراً الامطار والبَرد والثلوج.

الامطار Rain:

هي اكثر انواع الهطول شيوعاً لان معدل درجة الحرارة في معظم اقـاليم الارض اكثر من درجة التجمد، لذلك يـذوب الـبَّرد والثلـج اثنـاء مـروره بطبقـات الهواء الدافئة ويصل سطح الارض على شـكل امطـار. ويسقط المطـر بقطـرات ذات احجام مختلفة تـتراوح بيـن الـرذاذ الـى قطـرات يصـل قطرهـا الـى ٥ ملـم. ويختلف توزيع الامطار مكانيـاً وزمانيـاً مـن مكـان لاخـر. وتسقط الامطـار فـي فصل الشتاء فــي اقـاليم منـاخ البحـر المتوسـط، وفـي فصـل الصيـف فـي جنـوب وجنـوب شـرق اسـيا، وطـول العـام فـي المنـاطق الاستوائية والسـواحل الشـرقية للقارات بين ٣٠-٤٠° والسواحل الغربية بين ٤٠-٦٠°.

وتختلف الامطار من مكان لاخر، فتسقط كميات كبيرة من الامطار في المناطق الاستوائية والمناطق التي تتعرض للامطار الموسمية، بينما قد تمضي عدة سنوات بدون سقوط الامطار في بعض المناطق الصحراوية (شكل ٣٣).

ويظهر شكل ٣٤ توزيع الامطار حسب خطوط العرض، ويبين وجود قمة للامطار في المنطقة الاستوائية وقمتين اصغر في المناطق المعتدلة، وتقل الامطار في العروض المدارية (٢٠-٣٠°) والمناطق القطبية. ويتأثر توزيع الامطار بالعوامل التالية:

١) الموقع بالنسبة للمسطحات المائية، حيث تقل الأمطار بالابتعاد عن المسطحات المائية.

٢) اتجاه الرياح: الرياح القادمة من البحار تكون محملة ببخار الماء وتسبب سقوط الامطار، بينما الرياح القادمة من القارات تكون جافة.

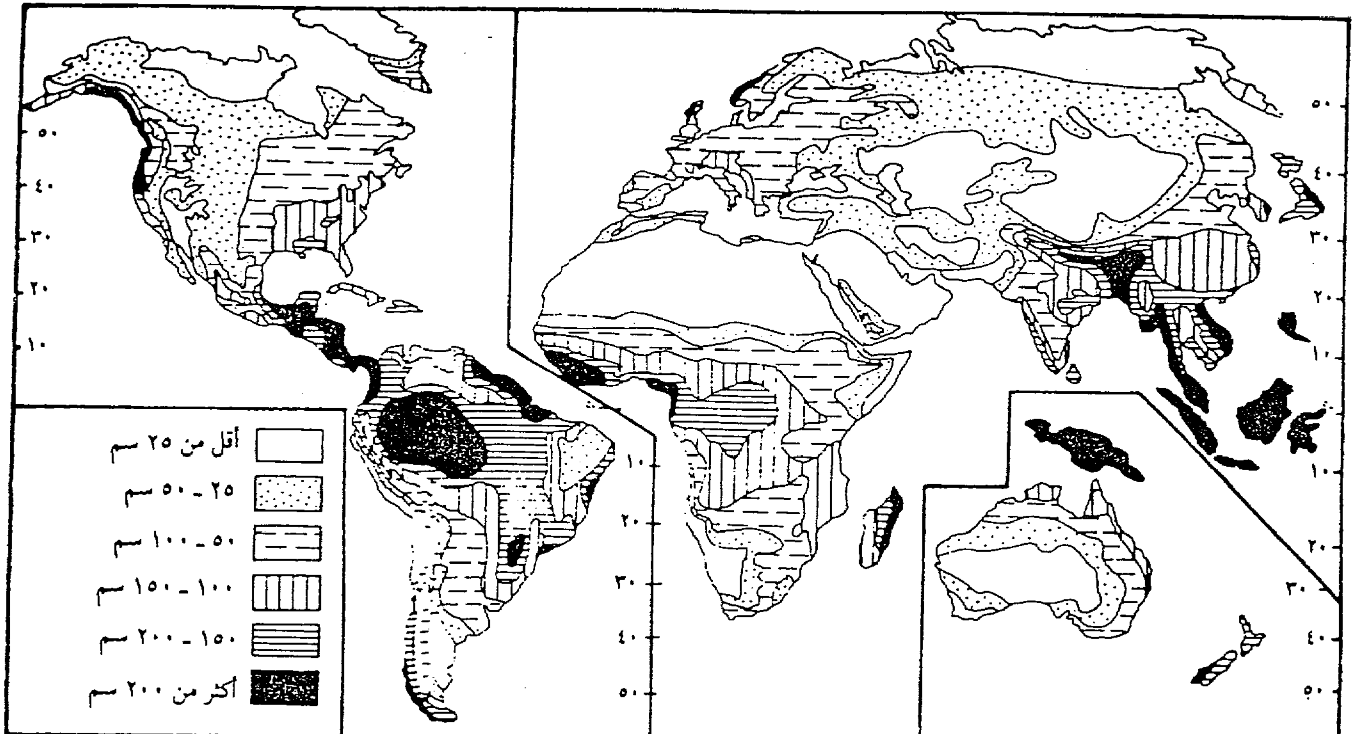
٣) التضاريس: تزداد الامطار على المرتفعات الجبلية وخاصة السفوح المقابلة للرياح الرطبة.

٤) درجة الحرارة: ارتفاع الحرارة وتسخين الهواء الرطب يسبب نشوء التيارات الصاعدة بالاضافة الى تنشيط التبخر في المناطق الرطبة ومن ثم زيادة الامطار.

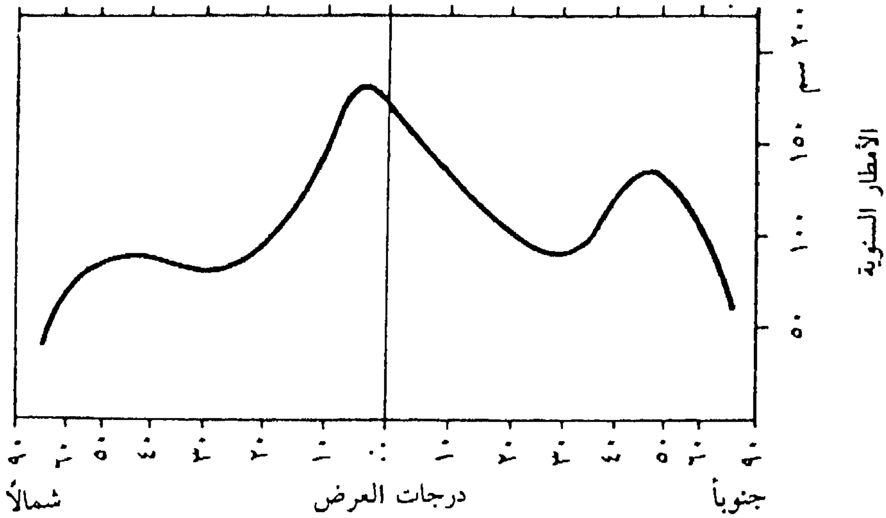
٥) المنخفضات الجوية، تزداد الامطار التي تقع ضمن مسارات المنخفضات الجوية في مناطق العروض الوسطى والاعاصير في المناطق المدارية.

وتقسم الامطار الى ثلاثة انواع:

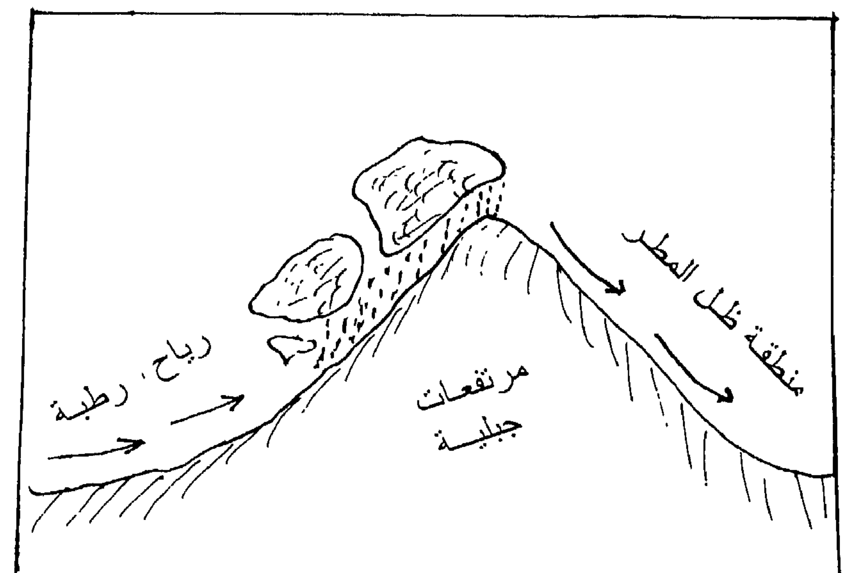
أ) الامطار التضاريسية Orographic Rain: ويحدث التكاثف بالتبريد الذاتي عندما يصعد الهواء الرطب على السفوح الجبلية المرتفعة، فتتكون الغيوم وتسقط الامطار على السفوح المقابلة لاتجاه الرياح ويزداد سقوط المطر كلما زاد الارتفاع حتى تصل الى مستوى يبلغ عنده المطر اقصى كمية. ثم يأخذ بالتناقص



شكل ٣٣ : الأمطار السنوية في العالم



شكل ٣٤ : توزيع الأمطار حسب درجات العرض



شكل ٣٥ : اثر اتجاه السفوح على الامطار

بالارتفاع بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء ولنقص كمية بخار الماء فيه، ويتراوح هذا المنسوب بين ١٥٠٠-٣٠٠٠م وذلك حسب رطوبة الهواء. وبعد ان تصل الرياح قمم الجبال تهبط وتسخن وتزداد جفافاً، فلا تسقط الامطار على تلك السفوح المعروفة بمنطقة ظل المطر (شكل ٣٥). وتختلف كمية امطار التضاريسية حسب العوامل التالية:

١- رطوبة الهواء: تزداد الامطار التضاريسية بازدياد كمية بخار الماء في الهواء.

٢- ارتفاع الجبال: الجبال العالية تجذب الامطار أكثر من المناطق السهلية والمنخفضة.

٣- امتداد واتجاه السفوح الجبلية: تكثر الامطار على السفوح المقابلة لاتجاه الرياح الرطبة، فجبال روكي بامتدادها شمال-جنوب تعترض الرياح الغربية فتسقط الامطار على السفوح الغربية بينما تقع السفوح الشرقية في ظل المطر. وكذلك جبال اطلس التل في شمال افريقيا بامتدادها شرق غرب تعترض الرياح الشمالية التي تسبب سقوط الامطار على السفوح الشمالية بينما تقع السفوح الجنوبية في ظل المطر.

٤- سرعة الرياح تزيد من تهيجها واضطرابها مسببة سقوط الامطار بغزارة.

ب- الامطار الاعصارية Cyclonic Rain: تتكون الغيوم في نطاق التيارات الصاعدة في الاعاصير المداريه والمنخفضات الجوية المصحوبة بالجبهات الهوائية. وتكون امطار الجبهات الهوائية الباردة غزيرة وقوية بينما امطار الجبهات الدافئة خفيفة وتستمر لمدة اطول. وتسقط الامطار الاعصارية في المناطق المعتدلة التي تتعرض للمنخفضات والجبهات الهوائية الجوية في فصل الشتاء. ومنها ايضا امطار الاعاصير المدارية التي تسقط على بعض المناطق

بين مداري السرطان والجدي كما هو في جنوب وشرق كل من الولايات المتحدة وآسيا.

جـ- الامطار الحملية Convective Rain: التي تحدث بسبب تسخين الهواء الرطب وتكون تيارات صاعدة. وتتشكل تيارات الحمل القوية في المناطق الحارة الرطبة كالمناطق الاستوائية ووسط اسيا وامريكا. وتسقط الامطار الحملية طول العام في حوض الامازون والكونغو وسهول السودان، بينما تسقط في فصل الصيف في الولايات المتحدة الامريكية. وتتكون التيارات الحملية ايضاً فوق المدن (الجزيرة الحرارية) بسبب ارتفاع الحرارة فيها بالمقارنة مع المناطق المجاورة. وتسبب التيارات الحملية القوية نشوء العواصف الرعدية التي تكون مصحوبة بسقوط الامطار الغزيرة والبّرد واحيانا زوابع التورنادو كما يحدث في المناطق شرق جبال روكي في الولايات المتحدة الامريكية.

الاستمطار: وهي عملية تمثل تدخل الانسان لتنشيط عملية نمو القطرات المائية في السحب الغير ممطرة من اجل انزال المطر منها. وغالباً تتم العملية عن طريق اضافة مواد كيوديد الفضة او ثاني اكسيد الكربون الجاف الى الغيمة والتي تعمل على الاسراع في نمو البلورات الثلجية. ولابد من اخذ بعض العوامل بالاعتبار قبل البدء بعملية الاستمطار مثل درجة حرارة الغيوم وسمكها وكمية بخار الماء فيها. بالاضافة الى تحديد الكمية المناسبة من المادة المراد اضافتها للغيمة، فالزيادة من تلك المادة تعطي نتائج سلبية. وقد لوحظ زيادة الامطار بحوالي ١٠-٢٠٪ نتيجة لتنفيذ عمليات الاستمطار التي تقوم باجراءها دول كثيرة في العالم.

الثلوج Snow:

تتكون الثلوج في طبقات الجو العليا عند نمو البلورات الجليدية الى قطر لا يزيد عن ٢,٥سم. وتكون على شكل صفائح سداسية الشكل تسمى بالندف Snow Flakes. ويتطلب وصول الثلج الى الارض انخفاض درجة الحراة من السطح الى طبقات الجو العليا. واذا زادت درجة حرارة الطبقة الهوائية السطحية عن ٣°م فان الثلج يذوب ويسقط على شكل امطار. وقد يكون الثلج جافاً او رطباً اذا مر خلال طبقة هواء رطبة.

وتسقط الثلوج في العروض الوسطى التي تتعرض لمرور المنخفضات الجوية الشتوية. ويزداد تكراره في المرتفعات الجبلية العالية، كما وتزداد نسبته بالاقتراب من العروض العليا. ويدوم الثلج في المناطق القطبية وعلى قمم الجبال العالية، ويُحدد وجوده بخط الثلج الدائم الذي يمثل الارتفاعات التي يدوم عندها الثلج. ويعتمد خط الثلج الدائم على درجة عرض المكان والارتفاع عن مستوى البحر واتجاه السفوح الجبلية. فهو حوالي ٥٥٠٠م في جبال كلمنجارو و ١٢٠٠م في النرويج وصفر الى الشمال من خط عرض ٧٠° في المناطق القطبية المتجمد.

ومن فوائد الثلج انه يحفظ التربة من التجمد ويزيد رطوبتها، وهومصدر تغذية الانهار بالمياه، وله اهمية سياحية في جذب الزوار للاستمتاع بممارسة الرياضه الجليدية. ومن اثاره السلبية تعطيل المواصلات وتكسير الاشجار وتأثيره السلبي علىّ المزروعات، بالاضافة الى دوره في زيادة برودة الهواء وتأخير بداية فصل الربيع اذا استمر وجوده الى شهر نيسان.

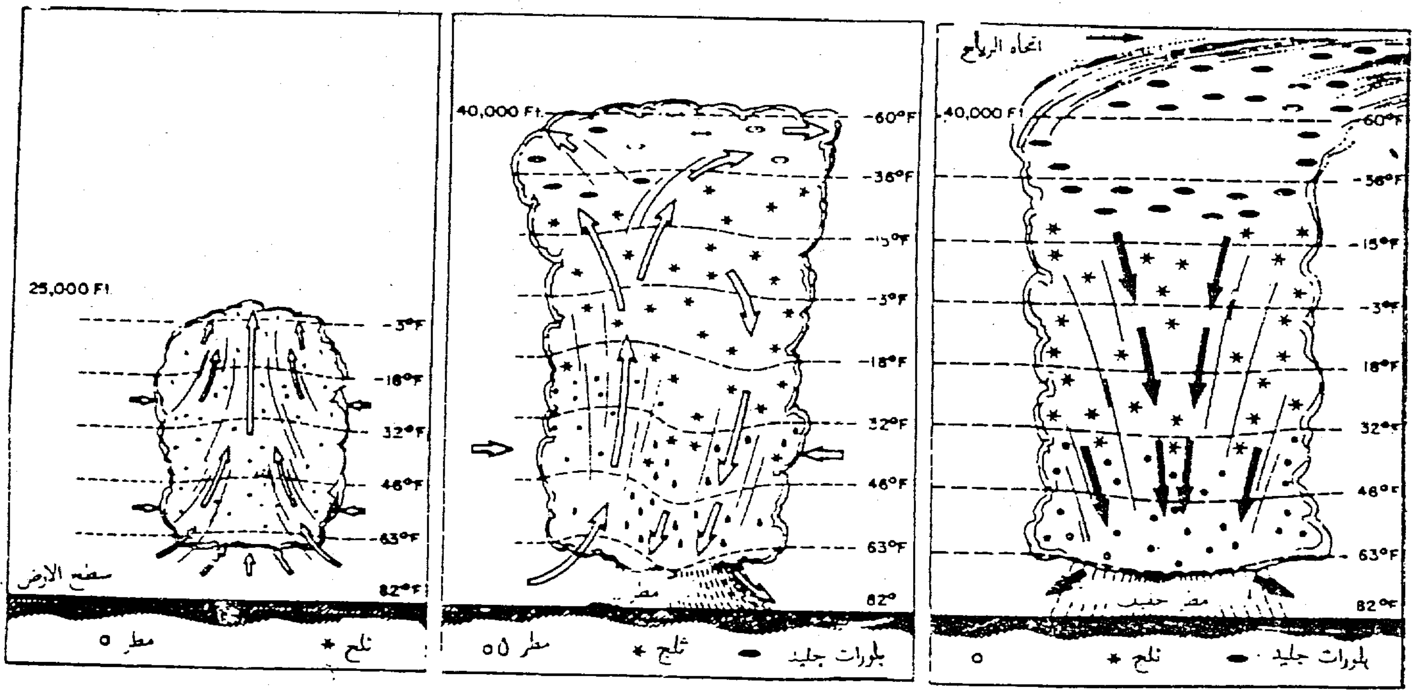
البَّرد Hail:

يتكون البَّرد عند ارتفاع قطرات الماء مع التيارات الصاعدة القوية الى طبقات الجو العليا الباردة جداً (حوالي −٣٥ °م) فتتجمد قطرات الماء وتنمو الى احجام مختلفة حسب شدة التيارات الصاعدة. ويختلف البّرد من حيث الحجم، وتتراوح من الحبات الصغيرة (اقل من ٥ملم) الى حبات كبيرة وصل قطرها الى ١٩سم وبوزن ٧٦٥ غرام وبمحيط ٤٤سم، ولكن الاكثر تكراراً بقطر ٢سم. ويصل البرد الى سطح الارض باشكال متعددة اكثرها شيوعاً البيضوي والكروي.

يسقط البّرد في اقاليم العروض المعتدلة في فصل الشتاء، وفي المناطق القارية في الربيع والصيف. وللبّرد اثار سلبية على حركة الطائرات والزراعة، ويسبب خسائر كبيرة في الانتاج الزراعي خاصة في المناطق التي يزداد فيها تكرار سقوطه. ويعمل العلماء على تخفيف اثار البرد بمحاولة تقليل حجمه وصلابته. ويلجأ المزارعون الى مقاومته عن طريق اختيار المحاصيل المقاومة للبرد، وزراعة المحاصيل بصفوف موازية لاتجاه سقوطه او تقسيم الملكية الزراعية وزراعة اجزاء منها.

العواصف الرعدية Thunderstorms:

هي العواصف الجوية القوية المصحوبة بالرعد. وتحدث عندما تتكون تيارات الحمل الصاعدة فتنمو السحب الركامية السمكية خلال مرحلة النمو. وفي مرحلة النضج تنمو قطرات الماء وترتفع غيوم المزن الركامية الى التروبوبوز، وتنشأ فيها التيارات الهابطة بسبب سقوط الأمطار. وفي مرحلة الاضمحلال تتوقف التيارات الصاعدة عن تغذية الغيوم ويستمر سقوط الامطار الخفيفة (شكل ٣٦). ويتراوح عمر العاصفة الواحدة حوالي الساعة، ولكنها قبل ان تتلاشى تولد عواصف اخرى ويستمر تأثيرها احياناً لعدة ساعات.



شكل ٣٦ : مراحل تكوين العاصفة الرعدية

تكون العواصف الرعدية مصحوبة بالمطر والبَرد، وفي فصل الشتاء تسقط الثلوج في العروض الوسطى. ويحدث فيها البرق الذي ينتج عن التفريغ الكهربائي بين مناطق الشحنات السالبة والموجبة، وقد يحدث البرق في السحابة الواحدة او بين سحابة واخرى او بين سحابة وسطح الارض. ونتيجة لتمدد الهواء المفاجئ بسبب ارتفاع درجة حرارته يحدث الرعد، وهو الصوت الذي يسمع بعد رؤية البرق.

ويصحب العواصف الرعدية التي تتكون في الربيع والصيف في النصف الشرقي من الولايات المتحدة ظاهرة زوبعة التورنادو Tornado، وهي عبارة عن خرطوم من الهواء اللولبي الحركة يصل اسفل السحابة بسطح الارض. غالباً لا يزيد قطرها الملامس لسطح الارض عن ٥٠٠م. وتعد من اشد الظواهر الجوية تدميراً بسبب انخفاض الضغط الجوي فيها، وسرعة الرياح التي تصل احيانا الى ٥٠٠كم/ساعة. ويحدث التورنادو في كل الشهور، واكثرها تكراراً في ايار وحزيران. وتسبب خسائر مادية وبشرية كبيرة في كل عام.

الاعاصير المدارية Tropical cyclones:

وهي الاعاصير التي تؤثر على الاقاليم المدارية الواقعة تحت تأثير الرياح التجارية، وتتكون اعداد كبيرة من الاضطرابات الجوية المدارية والتي تسبب سقوط الامطار قبل تلاشيها. ولكن عدد قليل منها يصل الى مرحلة الاعصار عندما تزيد فيه سرعة الرياح عن ١٢٠كم/ساعة. وتسمى الاعصار في جنوب اسيا والتايفون في اليابان والصين والهاريكين في امريكا.

تنشأ الاعاصير المدارية فوق المسطحات المائية الحارة والقريبة من خط الاستواء (حوالي ١٠°) والتي تزيد فيها درجة حرارة المياه عن ٢٧°م. ثم تتحرك من الشرق الى الغرب فوق مياه المحيطات. واهم مناطق حدوثها هي

جزائر الهند الغربية وخليج المكسيك وبحر العرب وبحر الصين وجزائر الفلبين واليابان وشرق جزيرة مدغشقر وشرق استراليا. ويلاحظ ان جميع تلك المناطق تقع على الجانب الغربي للمحيطات.

وتشتد الاعاصير اثناء سيرها فوق مياه المحيطات لانها تستمد طاقتها من الحرارة الكامنة المنطلقة في الجو من عملية تكاثف بخار الماء المتصاعد من المحيطات الدافئة. وتسير في المحيطات عدة ايام قبل ان تصل الى اليابس حيث تصب غضبها، وتحدث خسائر كبيرة بسبب الفيضانات التي تسببها الامطار الغزيرة، والرياح الشديدة التي تدور حول عين الاعصار والتي قد تصل سرعتها الى ٣٥٠كم/ساعة مسببة حدوث امواج عالية على السواحل.

عين الاعصار منطقة هدوء تتميز بانخفاض الضغط فيها وارتفاع درجة الحرارة. تتكون عين الاعصار من شدة دوران الرياح حول مركز الاعصار. وتتناقص سرعة الرياح والامطار بالابتعاد عن عين الاعصار. ويبلغ متوسط قطر عين الاعصار حوالي ٣٠كم، ومتوسط قطر الاعصار ٥٠٠كم، ولكن امطاره تؤثر على مناطق اوسع.

عند دخول الاعصار اليابس يضعف بسبب فقدان مصدر قوته والاحتكاك الذي يقلل من سرعة الرياح، ويتحول الى منخفض جوي عادي. ولقد ساعدت عمليات التنبؤات الجوية ومتابعة الاعاصير بشكل دقيق، على منح السكان مدة انذار طويلة لاتخاذ الاحتياطات الضرورية. وكانت نتيجة ذلك ان انخفضت الخسائر البشرية بشكل كبير، ولكن الخسائر المادية تظل كبيرة وتزداد بانتشار العمران وتوسعه.

التصنيفات المناخية:

احد طرق التعميم هي تصنيف العالم الى اقاليم مناخية. ويعرف الاقليم المناخي كمتوسط الظروف الجوية خلال فترة زمنية معينة تحتوي عادة على المتوسطات الشهرية والسنوية لعناصر المناخ، بالاضافة الى تكرار الظواهر النادرة خلال تلك الفترة. وقام الجغرافيون بدراسة انماط التباين المكاني للمناخ على سطح الارض، ومن ثم تصنيف العالم الى اقاليم تتشابه فيها الظروف المناخية اعتماداً على عناصر المناخ وظواهره. وتعددت التصنيفات المناخية خلال القرن الحالي، فمنها ما يعتمد على عنصر واحد وبعضها يعتمد على عنصرين او اكثر. ومن هذه التقسيمات:

١) التصنيفات التي اعتمدت على عنصر واحد كالحرارة والامطار او صافي الاشعة الشمسية.

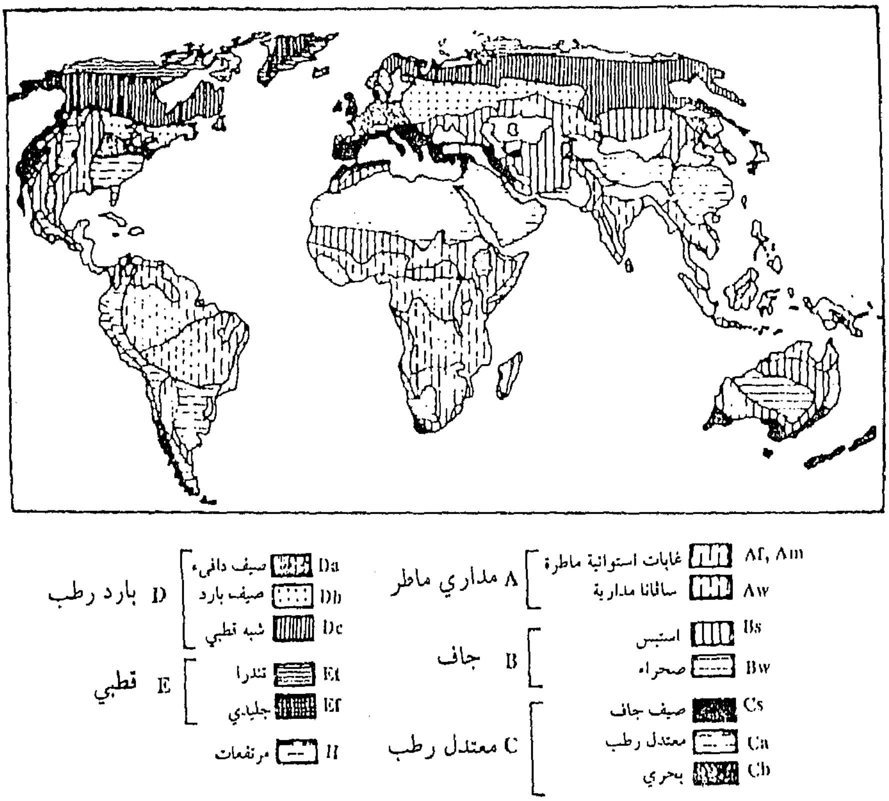
٢) التصنيفات التي اعتمدت على الكتل الهوائية.

٣) التصنيفات التي اعتمدت على تأثير المناخ على الانسان.

٤) التصنيفات التي اعتمدت على اكثر من عنصر مثل الحرارة والامطار.

٥) التصنيفات التي اعتمدت على الموازنة المائية في التربة.

واكثر هذه التصنيفات شيوعاً هو تصنيف كوبن Koppen. وكان كوبن متخصص في الجغرافية النباتية والمناخية، واراد ان يتوصل الى حدود مناخية تتطابق مع حدود انواع النباتات الرئيسية. وقام بتصنيف العالم الى اقاليم مناخية على اساس المتوسطات الشهرية والسنوية لدرجات الحرارة والامطار. والاقاليم المناخية الرئيسية في تصنيف كوبن هي كما يلي (شكل ٣٧):



شكل ٣٧ : الاقاليم المناخية حسب تصنيف كوبن (نعمان شحادة، ١٩٨٨)

١) المناخ المداري المطير (A) ويقسم الى ثلاثة انواع هي:

أ- المنـاخ الاسـتوائي الرطـب (Af) او منـاخ الغابـات المداريـة المطيرة، امطاره طول العام ولا تقل الامطار الشهرية عن ٦سم، وفيه تغير طفيف في درجات الحراة والامطار.

ب- المناخ المداري (Aw) او مناخ اقليم السافانا الذي يتميز بفصل جاف في الشتاء حيث تقل الامطار عن ٦ سم في شهر واحد على الاقل، وفيه تغير قليل في الحرارة والامطار.
جـ- المناخ الموسمي (Am): معظم امطاره في فصل الصيف ويكون فيه فصل جاف قصير.

٢) **المناخ الصحراوي (B)** وهي المناطق التي تقل فيها الامطار عن التبخر، واقسامه هي:
أ) المناخ الصحراوي الجاف، وهو نوعين: مناخ صحراوي حار (BWh) في العروض المدارية، ومناخ صحراوي جاف بارد (BWk) في العروض المعتدلة.
ب) مناخ الاستبس (شبه الصحراوي) وهو قسمين: مناخ الاستبس الحار (BSh) وهو انتقالي بين المناخ الصحراوي الجاف والمعتدل، ومناخ الاستبس البارد (BSk) في العروض المعتدلة.

٣) **المناخ المعتدل الدافئ (C)** ويقسم الى:
أ) المناخ المعتدل الرطب (Cf) امطاره طوال العام ولا تقل الامطار الشهرية عن ٣سم.
ب) المناخ المعتدل الجاف شتاءاً (Cw) امطاره صيفية ويتمثل في الاراضي المرتفعة في العروض المعتدلة.
جـ) مناخ البحر المتوسط (Cs) امطاره في فصل الشتاء وتكون اكثر من ٧٠٪ من مجموع الامطار الشتوية.

٤) **المناخ البارد (D)** ويقسم الى:

أ) المناخ البارد والرطب (Df) الممطر طول العام ويسود على السواحل الغربية للقارات.

ب) المناخ البارد الجاف شتاءاً (Dw) او مناخ الغابات البارد ذو الامطار الصيفية. ومعدل الحرارة اكثر من ١٠°م خلال اقل من ٤ شهور.

٥) **المناخ القطبي (E)** ويقسم الى:

أ) مناخ التندرا (ET) حيث معدل اكثر الشهور حرارة بين صفر-١٠°م.

ب) المناخ المتجمد (EF) حيث يسود الثلج الدائم ويقل فيه معدل الحرارة الشهرية عن الصفر المئوي.

٦) **مناخ المرتفعات الجبلية (H)** حيث تتميز المناطق الجبلية بظروف مناخية تختلف عن المناطق المجاورة.

الفصل الثالث

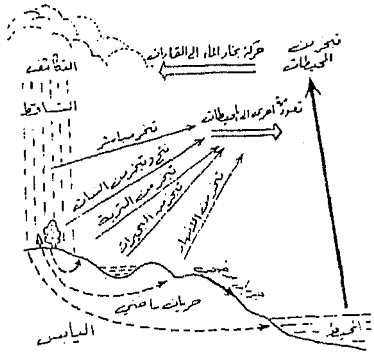
الغلاف المائي

الدورة المائية العامة: Water Cycle

الماء هو المادة الوحيدة على سطح هذا الكوكب والذي يتواجد في الطبيعة بحالاته الثلاث: السائلة والصلبة والغازية، ويتميز الماء بالحركة ليس فقط من مكان لآخر بل من حالة لأخرى إذ تتحول مياه البحار بالحرارة إلى بخار ماء (الحالة الغازية)، وقد يتحول هذا البخار إلى ماء أو ثلج، كما يتحول الماء إلى حالة السيولة عن طريق التكاثف الذي يتم في الغلاف الغازي.

وخلال هذه التحولات يتم تغير وتبادل الطاقة فيما بين الغلاف الصخري والغلاف الغازي. فعندما يذوب الثلج فإنه بحاجة إلى كميات هائلة من الطاقة، وعندما يتحول الماء إلى الحالة الغازية فإنه يمتص المزيد من الطاقة، كما يتم أحياناً تحول الثلج إلى الحالة الغازية دون المرور في الحالة السائلة، كما يتحول من الحالة الغازية إلى حالة الصلابة مباشرة، ويتم خلال هذه التحولات امتصاص واطلاق كميات هائلة من الطاقة (Strahler, A. N. 1970).

وتعرف سلسلة التغيرات التي تطرأ على الماء من حيث حالاته، وتغير مكانه بالدورة الهيدرولوجية (المائية)، وتحتوي البحار والمحيطات على ٩٧,٢٠٪ من كمية المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية ويوجد في المناطق القطبية والجبال الجليدية ٢,١٥٪، ويوجد الجزء المتبقي وهو ٠,٦٥٪ في الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية والينابيع. وهي الكمية التي تمثل المياه العذبة والتي هي في متناول يد الإنسان والتي تنتج بسبب الدورة المائية العامة (شكل ٣٨).

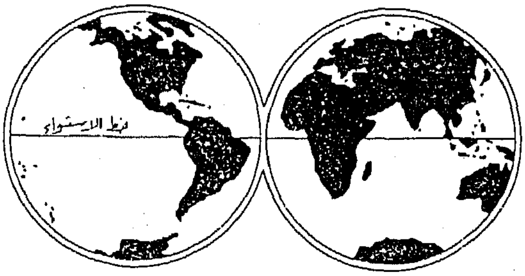


الدورة الهيدرولوجية العامة

شكل ٣٨

المياه في البحار والمحيطات:

تغطي المياه في البحار والميحطات مساحة تقدر بـ ٣٦١ مليون كم٢ من مساحة الكرة الأرضية وهذه المساحة تساوي ٧١٪ من المساحة الكلية للكرة الأرضية، إلا أن الغلاف المائي يغطي ٦١٪ من مساحة النصف الشمالي من الكرة الأرضية و ٨١٪ من مساحة النصف الجنوبي (شكل ٣٩).



توزيع اليابس والماء بين نصفي الكرة

شكل ٣٩

خصائص مياه البحار والمحيطات:

١ - الحرارة:

تمثل درجة الحرارة في البحار والمحيطات اختلافاً واضحاً بين مختلف الإعماق، وذلك بسبب اختراق أشعة الشمس للمياه وحتى العمق ٢٠٠ م تحت مستوى سطح البحر ولذلك فإن للنظام الحراري للمياه علاقة مباشرة مع الإشعاع الشمسي ومدى احتفاظ الماء بالحرارة. فعلى سطح الماء يسجل انخفاض تدريجي في درجة الحرارة من خط الاستواء (٣٠ °م) باتجاه الأقطاب (صفر مئوي)، وذلك لاختلاف الأقاليم المناخية وتغير الفصول والمدى الحراري اليومي لدرجة حرارة الهواء وتوزيع القارات وشكل السواحل والتيارات البحرية.

ويعتمد التوزيع العمودي لدرجة حرارة الماء في البحار على اتصالها بالميحطات وبموقعها الجغرافي وكذلك اختلاف درجة التملح العمودي. أما البحار شبه المغلقة فلها نظام حراري مختلف، بالرغم من أنها مفتوحة على المحيطات وذلك تبعاً لكيفية انفتاحها ومضائقها وتضاريسها. وبعد العمق ٢٠٠م لا توجد اختلافات فصلية في درجة حرارة المياه، بل تظل ثابتة طوال السنة تقريباً وتقدر ما بين ٤ و -٢ °م.

٢ - الملوحة:

يتراوح معدل ملوحة مياه البحار والميحطات بين ٣٣ و ٣٧ في الألف، ومصدر الأملاح هو صخور القشرة الأرضية بفعل عمليات الإذابة نتيجة مياه الأمطار الساقطة عليها، وخاصة أملاح الكلور والصوديوم والمغنيسيوم والكالسيوم والكبريت وغيرها.

لكن ملوحة مياه البحار والميحطات تختلف من موقع إلى آخر ومن بحر لآخر، وذلك للأسباب التالية:

أ. درجة عرض المكان: فكلما كانت درجات العرض قليلة زادت نسبة الملوحة وكلما زادت درجات العرض كلما انخفضت نسبة الملوحة.

ب. الوضع الطبوغرافي للبحار: وذلك من حيث انفتاحها على المحيطات بمضائق واسعة أو ضيقة أو كونها مغلقة كالبحر الميت والتي ترتفع فيه نسبة الملوحة إلى أكثر من ٢٧٥ بالألف.

ج. تواجد المصبات النهرية: حيث تقل نسبة ملوحة مياه البحار والمحيطات في المناطق التي تصب فيها الأنهار وخاصة الكبيرة منها مثل مصب نهر الأمازون والكونغو والمسيسيبي والنيل وغيرها.

د. الظروف المناخية: حيث تؤدي كميات الأمطار الساقطة على مياه البحار والمحيطات، وانخفاض درجات الحرارة ومعدلات التبخر في المناطق المعتدلة (٤٠-٦٠ ° شمالاً وجنوباً) إلى انخفاض نسبة الملوحة.

٣. نفاذية الضوء:

تنفذ الأشعة الشمسية في الطبقة السطحية للماء بشكل خاص حيث تتكون المنطقة المرئية، وهذه المنطقة تدخلها عدة أنواع من الأشعة منها الأشعة الحمراء والأشعة فوق بنفسجية والأشعة الضوئية. وتتأثر الأشعة الضوئية بالإضافة إلى نوعها بشفافية الماء وموقعها بالنسبة لدرجات العرض، وتخترق الأشعة الشمسية حتى العمق ٢٠٠م تحت سطح الماء

حركة المياه في البحار والمحيطات:

تتميز المياه في البحار والمحيطات بأنها مياه متحركة بشكل مستمر وذلك للاختلاف في درجة حرارة الماء واختلاف كثافة المياه وملوحتها. فتتحرك المياه عادة من المناطق ذات الكثافة الأكثر نحو المناطق ذات الكثافة الأقل.

أ. المد والجزر:

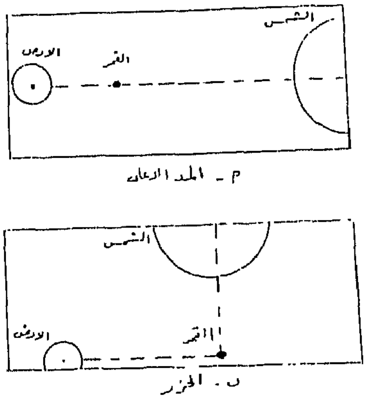
هو ارتفاع وانخفاض في مستوى سطح البحر، ويبلغ المد أقصى مداه عندما يكون القمر محاقاً أو بدراً، وقد ساهمت نظرية نيوتن في إيضاح العوامل التي تؤدي إلى حدوث عملية المد والجزر التي تتأثر بما يلي:

١. قوة جذب القمر والشمس للأرض.

٢. قوة الطرد المركزية.

حيث تقل قوة الجذب بين القمر والأرض بسرعة كلما بعد الكوكبان عن بعضهما. وعليه فإن الجزء الذي يواجه القمر تزداد عنده قوة الجذب نحو القمر إذا ما قورن بأي جزء آخر بالقرب من مركز الأرض. فعلى جانب الأرض المواجه لسطح القمر تزيد قوة الجذب عن قوة الطرد المركزية وينجم عن ذلك جذب مياه سطح الأرض نحو القمر. وعلى الجانب الآخر تزيد قوة الطرد المركزية عن قوة الجذب فيحدث أيضاً جذب المياه بعيداً عن موقع القمر. أي أن قوة جذب القمر لكتلة على سطح الأرض تجاه القمر أكبر من جذب القمر لكتلة أخرى تقع عند المركز.

أما المد الأعلى فيحدث إذا وقع كل من الأرض والقمر والشمس على استقامة واحدة وهذا يحدث في حالتي البدر والمحاق. حيث تضاف قوة جذب الشمس إلى قوة جذب القمر وجذبها معاً للمسطحات المائية على الأرض. (شكل ٤٠). أما إذا شكل القمر والشمس زاوية قائمة من الأرض فتضعف قوة جذب الشمس وتقلل من تأثير قوة جذب القمر للمسطحات المائية فتحدث حالة الجزر.



(شكل ٤) أ- المد العالي ب- الجزر

شكل ٤٠

ومن أهم العوامل التي تؤثر على عملية المد هي:

١. اتساع المسطحات المائية..
٢. اتساع اليابس وتداخلها مع المسطحات المائية.
٣. عمق مياه البحار.
٤. طبيعة السواحل والخلجان.
٥. سرعة الرياح واتجاهها.

ب. الأمواج:

تتكون الأمواج بسبب العوامل التالية:

١. سرعة الرياح واتجاهها وديمومتها.
٢. اتساع المسطحات المائية.
٣. عمق الماء.
٤. الزلازل والبراكين في قيعان البحار والمحيطات.

ومن أهم خصائص الأمواج:

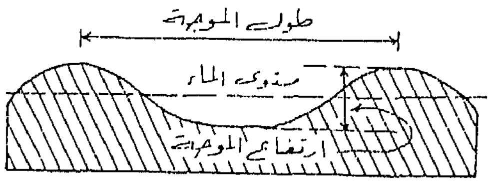
١. أرتفاع الموجة.

٢. طول الموجة.

٣. زمن دورة الموجهة.

وتدور أجزاء الأمواج في حركة دائرية بحيث تتراجع أجزائها بعد دورانها إلى نفس مواقعها الأولى تقريباً، ولو كانت المياه تسير بنفس سرعة الأمواج (٣٠-٩٠كم/ساعة) لأصبح استخدام البحار في الملاحة مستحيلاً.

وتدور أجزاء الموجة دورة كاملة بحيث يقل محيط الموجة كلما اتجهنا نحو الأعماق وتتلاشى الموجهة نهائياً على عمق ١٠٠ متر تقريباً من سطح الماء. (شكل ٤١).



أبعاد الموج

شكل ٤١

ج. التيارات البحرية:

هي عبارة عن كتل مائية متحركة تختلف في خصائصها عن المياه المجاورة لها. وتنشأ التيارات البحرية في المياه السطحية نتيجة للعوامل التالية:

١. سرعة الرياح واتجاهها: حيث تسبب قوة دفع الرياح للمياه السطحية زيادة في سرعة المياه السطحية فتبدأ التيارات بالتشكل.

٢. اختلاف كثافة الماء. ويحدث هذا الاختلاف بسبب ملوحة المياه أو بسبب درجة حرارتها ولذلك تتحرك المياه الباردة من العروض العليا نظراً لارتفع كثافتها حيث تزحف نحو أعماق الميحط ببطء نحو المناطق الاستوائية. ومن المناطق الاستوائية وبسبب حرارة المياه تتجه في الطبقات العليا نحو القطبين على السطح لأنها أقل كثافة.

٣. الاختلاف الطفيف في مستوى سطح البحر تبعاً لاختلاف كميات الأمطار.

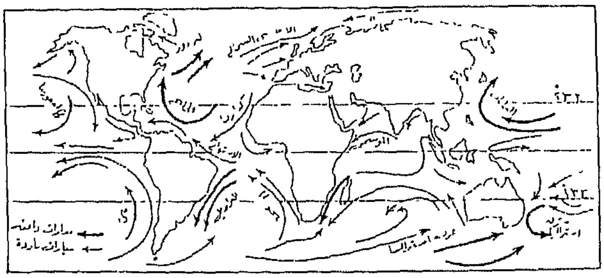
٤. شكل السواحل، حيث يؤدي شكل السواحل إلى انحراف التيارات المائية لتتحرك بمحاذاة السواحل.

٥. القوة الكورولية والتي تؤدي إلى انحراف التيارات المائية إلى يمين اتجاهها في النصف الشمالي وإلى اليسار في نصف الكرة الجنوبي.

أما بالنسبة لأنواع التيارات البحرية فتقسم حسب حرارتها إلى:

١. التيارات البحرية الباردة: وهي تلك التيارات التي تتحرك نحو خط الاستواء وتسير عادة بمحاذاة السواحل الغربية للقارات، ومن أهمها: تيار غرب كاليفورنيا وتيار غرب استراليا وتيار كمشتكا وتيار بيرو وتيار بنجويلا وتيار كناري.

٢. التيارات البحرية الدافئة: وهي التيارات التي تتوجه من منطقة خط الاستواء نحو المناطق البعيدة عنه، وتسير عادة على السواحل الشرقية للقارات وهي تيار الخليج الدافئ، تيار البرازيل، تيار شرق استراليا، تيار موزمبيق وتيار اليابان (شكل٤٢).


التيارات البحرية

شكل ٤٢

المياه القارية:

بعد أن تمر المياه في مراحل الدورة الهيدرولوجية العامة فإن مياه الأمطار تصبح فيما بعد مياهاً سطحية لتتجمع وتشكل البحيرات والأنهار والمستنقعات.

أ. البحيرات:

البحيرات هي المناطق المنخفضة عن سطح الأرض أو هي المنخفضات التضريسية المغلقة ذات مساحات مختلفة امتلأت بالمياه بسبب كون هذه المنخفضات كتيمة وغير منفذة للمياه أو لأن قاع المنخفض التضريسي يقع تحت مستوى سطح الماء الباطني وفي هذه الحالة فقط يجب أن يكون منفذاً للماء وتبلغ مساحة البحيرات في العام ٢,٧ مليون كم٢ أو ١,٨٪ من مساحة اليابسة.

ويمكن تقسيم البحيرات حسب تكونها ونشأتها إلى الأنواع التالية:

١. البحيرات التكتونية Tectonic Lakes:

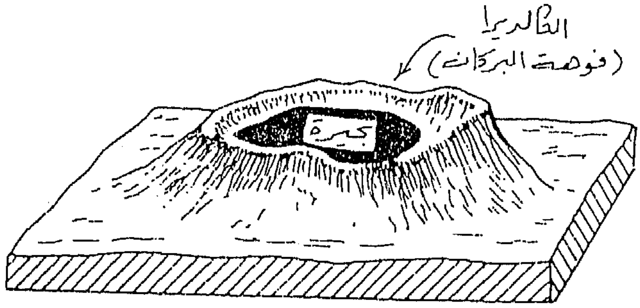
تتسبب العمليات التكتونية (حركات القشرة الأرضية) في تشكيل منخفضات تضريسية على طول الصدوع، أو على النطاقات التي تحدث فيها الهزات الأرضية، حيث تؤدي هذه العمليات إلى انخفاض الأرض وتكوين البحيرات إذا توفر مصدر تغذية دائم بالماء، ومن الأمثلة على ذلك بحيرة نياسا وتنجانيقا في أفريقيا، والبحر الميت في الأردن، وبحيرة بايكال في روسيا.

٢. البحيرات البركانية Volcanic Lakes:

يتشكل هذا النوع من البحيرات بسبب النشاط البركاني، فإذا ما توفر مصدر مائي دائم فإنه يؤدي إلى تكوين بحيرة في فوهة البركان. مثل بحيرة تانا في الحبشة وبحيرة توبا في سومطرة (شكل ٤٣).

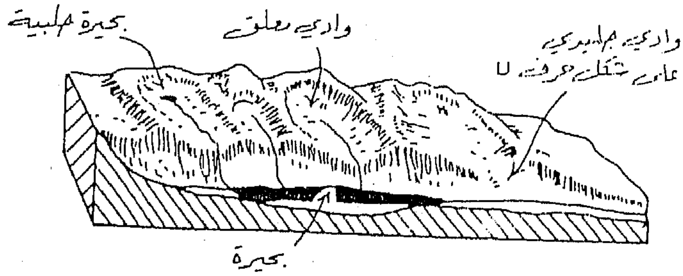
٣. البحيرات الجليدية Glacier Lakes:

ينتج عن عمليات الحت والأرساب الجليدي تكون منخفضات تضريسية في الأراضي ذات الصخور الهشة، وتتحول هذه المنخفضات فيما بعد إلى بحيرات، خاصة وأن هذه البحيرات تتكون في شمال القارات حيث يكون التبخر قليلاً والأمطار طوال العام مما يعمل على وجود مصدر تغذية دائم بالماء. وقد تشكلت آلاف البحيرات في المناطق الاسكندنافية وخاصة في فنلندا وشمال روسيا (شكل ٤٤).



بحيرة بركانية

شكل ٤٣



بحيرة جليدية

شكل ٤٤

٤. البحيرات الارسابية Depositional Lakes:

تتكون البحيرات الارسابية نتيجة انـزلاق الحطـام الصخـري والأتربـة أو تدفق اللافامن البراكين، وعندما تتوضع هذه الارسابات فـي الأوديـة تعمـل علـى سدها فتحجز المياه خلفها وتكون البحيرات. (شكل ٤٥).

٥. البحيرات التي تنشأ بفعل الأنهار:

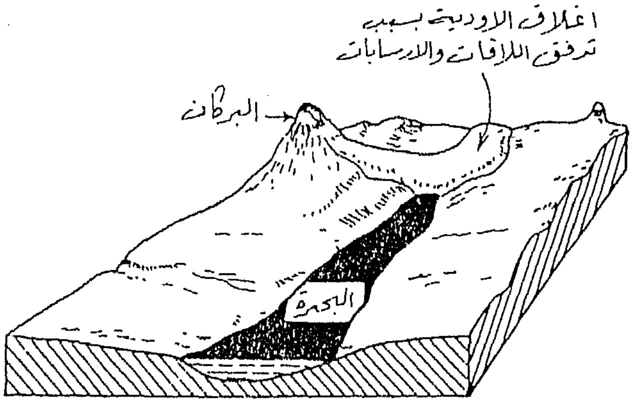
تعمل الدورة الحتية وخاصة في المرحلة المتأخرة على إحداث تغيرات كثيرة تصيب مجاري الأنهار، وبسـبب تكـون الأكـواع النهريـة تتكـون البحـيرات الهلالية، والتي تنتج بسبب عمليات النحت على جانبي الكوع النهـري ممـا يـؤدي إلى تغيير النهر لمجراه، فيصبح الجزء المهجـور مـن مجـرى النهـر عبـارة عن منخفض تضريسـي يمكـن أن تملـؤه ميـاه النهـر نفسـه أو ميـاه الأمطـار أو المـاء الجوفي. (شكل ٤٦).

٦. البحيرات التي تنشأ بسبب ارتفاع الماء الجوفي:

تعمل المياه الجوفية والتي ترتفع لتصـل إلـى مسـتوى سـطح الأرض فـي بعض المناطق إلى التسرب إلى المنخفضات المغلقة وبالتـالي ملؤهـا بالمـاء مما يؤدي إلى تكوين بحيرات يمكن أن تكون دائمة أو مؤقتة حسب ارتفاع وانخفـاض مستوى الماء الجوفي.

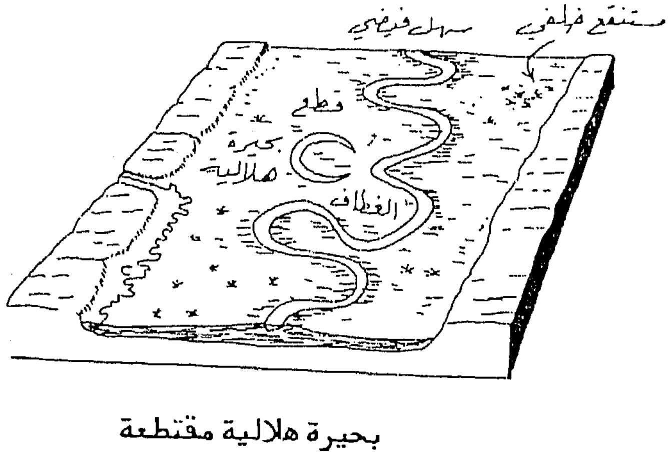
٧. البحيرات الاصطناعية:

يقوم الإنسان بإنشاء السدود على مجاري الأنهـار ممـا يـؤدي إلـى حجـز المياه خلف هذه السدود مما يؤدي إلى تكوين بحيرات تسمى بحـيرات السـدود أو البحيرات الاصطناعية. ويعمل الانسان على إنشاء السدود بهـدف السـيطرة علـى الفيضان من أجل استعمال المياه المحجوزة في بحيرات السدود في عمليات الري في فترات الجفاف. كما تكون هناك أهداف أخرى مثل استعمالها فـي الملاحـة أو للأغراض الترفيهية.



بحيرة ارسابية

شكل ٤٥



بحيرة هلالية مقتطعة

شكل ٤٦

ب- المستنقعات Swamps:

تتكون المستنقعات بسبب وجود أراضي قليلة العمق وانعدام الانحدار أو بسبب وجود انحدار لطيف لا يساعد على سرعة حركة الماء مما يؤدي إلى استقرار الماء وتكون المستنقعات المؤقتة. أما في الأراضي المستوية فإن المناطق المنخفضة تتكون فيها مستنقعات دائمة بسبب فيضانات الأنهار أو وقوع المنطقة ضمن الأقاليم الرطبة مثل المناطق الاستوائية وشمال القارات. ويمكن أن تتكون البحيرات بسبب العمليات التالية:

١. عمليات الارساب التي حدثت في البحيرات خلال فترات جيولوجية سابقة حولتها إلى مستنقعات.
٢. المستنقعات الساحلة. والتي تنشأ على طول ساحل البحر أو المحيط، وذلك بسبب عمليات المدة المائي أو فياضانات الأنهار.
٣. مستنقعات المناطق القطبية. حيث يؤدي إلى ذوبان الجليد السطحي وبقاء الطبقة التحتية متجمدة إلى تكون المستنقعات لأن الطبقة المتجمدة لا تسمح بتصريف الماء إلى أسفل. مما يؤدي إلى ركود الماء خاصة في فصل الصيف.
٤. المستنقعات التي تنشأ بسبب هطول الأمطار أو ارتفاع مستوى الماء الجوفي. حيث يؤدي استمرار سقوط الأمطار وخاصة في المناطق الاستوائية إلى رفع مستوى الماء الجوفي. مما يؤدي إلى خروج الماء إلى سطح الأرض، وبسبب قلة الانحدار أو انعدامه يستقر الماء ليكون المستنقعات.

ج. الانهار Rivers:

الأنهار هي مجاري مائية صغيرة (بعرض أقل من متر واحد إلى مجاري عريضة تزيد عن الكيلومتر مثل مجاري الأمازون والنيل والمسيسبي والدانوب).

وتتكون الأنهار بسبب وجود الماء الجاري فيها طوال ايام السنة والذي يكون ذات مصادر متعددة منها مياه الينابيع أو مياه الأمطار أو ذوبان الثلوج. ويمكن تعريف الأراضي التي تسقط عليها الأمطار وتنحدر بعد وصولها للأرض إلى مجرى النهر ويطلق عليها حوض النهر Catchment Area. وتنفصل الأحواض النهرية عن بعضها البعض بواسطة أراضي مرتفعة تعرف باسم خطوط تقسيم المياه Water Divides.

تصنيف الأنهار:

تقسم الأنهار بناءً على مصدر التغذية المائية إلى:

١. أنهار ذات تغذية مطرية.
٢. أنهار ذات تغذية مستمدة من ذوبان الجليد.
٣. أنهار ذات تغذية من المياه الجوفية.
٤. أنهار ذات تغذية مختلطة.

أما بالنسبة لتصنيف الأنهار حسب البيئات المناخية فيمكن تقسيمها إلى:

١. أنهار المناطق الرطبة:

وهي الأنهار المتواجدة في المناطق الرطبة، حيث تسقط على أحواضها كميات كبيرة من الأمطار كما تشارك المياه الجوفية ومياه الثلوج المذابة في الأحواض العليا في تغذية هذه الأنهار مثل نهر الأمازون ونهر لينا في روسيا ونهر هوانغ هو في الصين.

٢. أنهار المناطق الجافة وشبه الجافة:

وهي تلك الأنهار التي تنبع من مناطق رطبة وتجري في مناطق جافة مثل نهر النيل والفرات ودجلة والأردن.

أنماط شبكات التصريف النهري:

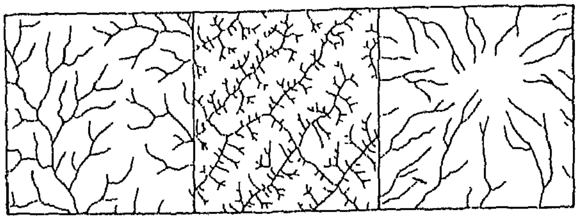
تعرف الشبكة المائية للنهر، بأنها المجاري المائية الرئيسية والثانوية والتي تلتقي مع بعضها في مساحة من الأرض يطلق عليها حوض النهر وهذا هو عبارة عن التنظيم الداخلي للمجاري المائية الرئيسية والثانوية. ويعتمد نمط التصريف على طبيعة التكوين الصخري للمنطقة، وأهم أنماط شبكات التصريف النهري هي:

١. النمط الشجري: وهو أكثر أنواع الأنماط انتشاراً وفيه تلتقي الروافد بالمجرى الرئيسي للنهر على شكل زوايا حادة. ويحدث هذا النمط في المناطق التي توجد فيها صخور متجانسة وذات مقاومة متماثلة لعوامل التعرية (شكل ٤٩).

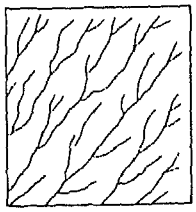
٢. النمط المتشابك: وفيه تتلقي الروافد بالمجري الرئيسي للنهر على شكل زوايا قائمة ويحدث ذلك في المناطق التي تتكون من تعاقب صخور صلبة وصخور لينة تميل بنفس الاتجاه وتتفاوت مقاومتها لعمليات التعرية المائية (شكل ٤٨).

٣. النمط الشعاعي: يتكون هذا النمط في المناطق البركانية أو المناطق ذات التضريس القبابي، حيث تبدو روافد الشبكة المائية وكأنها خارجة من مركز واحد (شكل ٤٧).

٤. النمط المتوازي: يتشكل هذا النمط في المناطق التي تتكون من أشكال أرضية طولانية (شكل ٥٠).



٤٩ الشجري ٤٨ المتشابك ٤٧ الشعاعي



٥٠ المتواري

الاشكال (٤٧، ٤٨، ٤٩، ٤٩، ٥٠)

المقطع الطولي للأنهار:

يعرف المقطع الطولي للنهر المسافة التي يقطعها النهر من منبعه إلى مصبه ويختلف هذا المجرى من مكان لآخر مكوناً مجاري ذات خصائص مختلفة، ويقسم المقطع الطولي للنهر إلى ما يلي:

الحوض الأعلى:

ويشكل الحوض الأعلى البيئة الجبلية للنهر، وتتميز بأنها شديدة الانحدار، ويكون التيار المائي سريعاً، وتسود هنا عمليات النحت الرأسي ويتعمق المجرى ويكون على شكل V، ويكثر هنا تكون المسيلات المائية والجداول والشلالات ومناطق اسراع الماء والمجرى النهري في الأحواض العليا غالباً ما يكون غير صالح للملاحة.

الحوض الأوسط:

ويقل في هذا الجزء من المجرى المائي تعدد الروافد الثانوية الصغيرة، ويصبح شكل مجرى الماء على شكل حرف U وتتناقص شدة النحت الرأسي وتصبح الحمولة متوسطة الحجم وتقل مناطق إسراع الماء. وتزيد كمية

التصريف المائي بسبب التقاء الروافد الثانوية من الحوض الأعلى وتزداد بالتالي طاقة النهر خاصة في موسم الفيضان.

الحوض الأدنى:

عندما يصل النهر إلى المناطق السهلية فإن الانحدار يصبح طفيفاً وبالتالي يزيد عرض المجرى المائي ليصبح على شكل ـــ ، وتتكون المنعطفات النهرية والمسماة بالأكواع النهرية وتزداد عملية الترسيب ليتشكل السهل الفيضي.

كثافة الشبكة المائية:

وهو طول المجاري المائية الطبيعية في منطقة معينة وتحسب بالكيلومتر لكل كيلومتر مربع، ويمكن اعتبار كثافة الشبكة المائية بأنها العلاقة بين طول الجريان المائي في منطقة ما من الأرض مع المساحة وذلك حسب المعادلة التالية: ك = (ط / د).

حيث أن

ك = كثفة الشبكة المائية.

ط = طول المجاري المائية في الحوض (كم).

د = مساحة الحوض النهري (كم٢).

كمية التصريف النهري:

يمكن حساب كمية التصريف النهري حسب المعادلة التالية:

ت = م × س

حيث أن

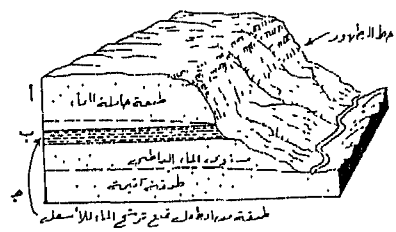
ت = كمية التصريف المائي م٣/ث.

م = مساحة المقطع العرض للنهر.

س = متوسط سرعة الماء في النهر.

د. المياه الجوفية:

يوجد الماء الجوفي في الطبقات الصخرية من القشرة الأرضية، إلا أن هناك مياهاً تسمى بالمياه التحت سطحية وهي الرطوبة الموجودة في التربة ويستغلها النبات في مرحلة النمو. وهذا الجزء موجود في المنطقة المهواة من التربة حيث يستطيع الهواء الدخول إلى مسامات وجسم التربة. أما المياه الجوفية فهي المياه التي تشكل المخزون الأولي للمياه الصالحة للشرب في العالم، وتخرج للسطح على شكل ينابيع أو جداول ويعرف مستوى الماء الجوفي الأعلى بالنطاق المائي Water Table وهو الحد الأعلى للمنطقة المشبعة بالماء الجوفي، ولا يبقى هذا النطاق ثابتاً في مكانه، ولكنه متغير مع كمية مياه الأمطار الهاطلة سنوياً (شكل ٥١).



أنواع الطبقات الحاملة للماء تبعا للمسامية والنفاذية

شكل ٥١

فبعد فترة أمطار كبيرة يرتفع مستوى الماء الجوفي عما كان عليه في فترة الجفاف السابق ولهذا نجد أن النطاق المائي يقع بالقرب من سطح الأرض في المناطق الرطبة بينما يكون بعيداً عن سطح الأرض في المناطق الجافة.

فـفي المناطق الرطبـة يوجد ثـلاث مستويات للميـاه الجوفيـة كمـا فـــي الشكل (٥١) ويكون أخفض مستوى هو مستوى الماء المشـبع، أمـا الطبقـة العليـا فهي الطبقة المهواة أو طبقة التهويـة وهـي لا تتشبع أبـداً وبيـن المنطقتيـن توجـد طبقة مشبعة تحت ظروف رطبة وليست مشبعة تحت ظروف الجفـاف. ويتذبـذب مستوى الماء الجافي في هذه المنطقة، لذلك تستمر الينابيع في حالة خروجها من الطبقة المشبعة الدائمـة، أمـا إذا كـانت الينـابيع تخـرج مـن المنطقـة الوسـطى أي منطقة التذبذب فـإن الينـابيع سـوف تتوقـف عـن الجريـان فـي فـترة الجفـاف لأن مستوى النطاق المائي ينخفض ليصبح أقل من مستوى تلك الينـابيع فتتوقـف عـن الجريان.

وفـي المنـاطق الصـحراويـة لا توجـد نطاقـات مشـبعة بالمـــاء، لأن ميـاه الأمطار تتبخر بسرعة أكثر مما تتسرب داخـل التربـة إلـى نطـاق المـاء. أمـا إذا كانت المياه الجوفية موجودة فإنها تكون، إما مياهاً جوفية قديمة تجمعت في فـترة جيولوجية رطبة سابقة وعندما تستخرج مياهها فإن نطـاق المـاء سـوف ينخفـض ولا تعوض المياه المستخرجة بسرعة. وإما ميـاهـاً جوفيـة تكونـت بسـبب انحـدار طبقات صخرية من مناطق رطبة باتجاه مناطق جافة مثل منطقة الأزرق.

أما النطاق المائي في المناطق الرطبة فإنه ليس أفقياً، ولكنها تتبع خطوط الكنتور الأرضية، فهو عالٍ في المناطق المرتفعة ومنخفض فـي منـاطق الأوديـة والمنخفضـات التضـريسية.

أما العوامل المؤثرة على المياه الجوفية فهي:

١. الأمطـار: حيـث تـزداد الميـاه الجوفيـة فـي المنـاطق ذات الأمطـار الغزيـرة وخاصـة الأقاليم الرطبة والتي تمتد فيها الأمطار طوال العام.
٢. التبخر: حيث تزداد المياه الجوفية في المناطق التي يقـل فيهـا التبخـر ويقـل تواجد المياه الجوفية في المناطق التي يزيد فيها التبخر.

٣. الغطاء النباتي: حيث يساعد الغطاء النباتي الكثيف والمتنوع على زيادة المياه الجوفية بينما تقل المياه الجوفية في المناطق التي يقل أو يندر فيها النبات.

٤. مسامية السطح: حيث يساعد السطح المنفذ على زيادة نسبة المياه المتسربة للماء الجوفي فتزاد أما إذا كان السطح كتيماً (غير منفذ) فيقل تواجد المياه الجوفية.

مشكلات الموارد المائية:

تنحصر مشكلات الموارد المائية في تلوث واستنزاف الموارد المائية.

تلوث الموارد المائية:

أدت الزيادة الهائلة في عدد السكان والتقدم الصناعي والتقني، والتوسع الزراعي في القرن العشرين. إضافة إلى عدم اتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث وانعدام التخطيط السليم، إلى تلوث عناصر البيئية كالأرض، والمياه والهواء، واستنزاف الموارد الطبيعية.

وبالتالي فإن التلوث واستنزاف الموارد الطبيعية من أهم المشاكل البيئية في هذا العصر، سواء في العالم الصناعي المتقدم أو العالم الثالث. والتلوث هو طرح مادة أو مواد غريبة في أي مكون من مكونات البيئة يجعلها غير صالحة للاستعمال أو يحد من استعمالها. والملوثات هي المواد أو الميكروبات أو الطاقة التي تلحق الأذى بالإنسان وتسبب له الأمراض.

وتلوث المياه يعرف بأنه أية مخلفات من أي مصدر من المصادر يكون من شأنها التأثير على المياه واستخداماتها المختلفة. ويؤدي التلوث إلى حدوث تغير في درجة حرارة الماء، والرائحة والطعم واللون.

ويعتبر التلوث المائي خطير جداً لا سيما وأنه لا يعرف الحدود الإقليمية وإنما ينتقل من منطقة إلى أخرى. فقد أثر تلوث مياه نهر الفرات في تركيا على كل من سوريا والعراق، ويؤثر تلوث نهر الراين في فرنسا على المانيا وهولندا وكذلك أثر تملح مياه نهر الكولوراد في الغرب الأمريكي على المكسيك.

مصادر تلوث الموارد المائية:

١. المياه العادمة:

تعتبر المياه العادمة أهم مصادر تلوث المياه، وهي عبارة عن المياه الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة لأنها تحتوي على مكونات عضوية وغير عضوية وجرثومية واشعاعية وحرارية. والتي تتواجد بشكل مواد مذابة أو مترسبة أو عالقة. ومن أهم مصادر تلوث المياه:

أ. المياه العادمة المنزلية:

حيث تتحول أكثر من ٨٠٪ من المياه المستهلكة للاستعمال المنزلي إلى مياه عادمة. وتحتوي هذه المياه على كميات هائلة من البكتيريا والفطريات والفيروسات.

ب. المياه العادمة الصناعية:

وهي المياه الناتجة عن الاستعمال الصناعي والتي تحتوي على مواد كيماوية ضارة وسامة صعبة التحلل، بالإضافة إلى أنها تحتوي على مواد عالقة ومترسبة وذائبة وحوامض سامة بالإضافة إلى ما تحدثه من تلوث حراري.

ج. المياه العادمة الزراعية:

تحتوي المياه العادمة الزراعية على مواد عضوية سهلة التحلل بالإضافة إلى التلوث الناتج عن تصنيع علف الحيوانات والذي ينتج عنه مياه عادمة فيها

تركيز عالي من الحوامض العضوية مثل حامض الخليك بالإضافة إلى المواد العضوية ومركبات النيتروجين المختلفة. ويؤدي تسرب هذه المياه إلى المياه السطحية والجوفية إلى تلوثها.

٢. التلوث بالنفط:

يسهم النفط في تلوث المياه السطحية والجوفية. ويؤدي استخراج النفط من اليابس إلى تسربه إلى المياه الباطنية وبالتالي تلوثها. كما أن استخدام السفن في نقل النفط يؤدي إلى تلوث مياه البحار والمحيطات خاصة عندما تتحطم السفن المحملة بالنفط في عرض البحار. كما يؤدي تسرب النفط إلى مياه البحار أو المحيطات سواءً كان ذلك من حقول نفط ساحلية أو حقول نفط بحرية إلى تلوث مياه البحار والمحيطات.

٣. التلوث بمياه الأمطار:

تحتوي مياه الأمطار وخاصة بعد فترة انقطاع وفي دقائقها الأولى على ملوثات مختلفة منها الغبار وأكاسيد النيتروجين والكبريت، حيث يؤدي ذلك إلى سقوط أمطار حامضية خاصة في مناطق الصناعة الأوروبية أو الأمريكية والكندية.

٤. التلوث بأنواع الفضلات الصلبة:

إن طرح أنواع مختلفة من الفضلات وخاصة للمدن الكبيرة يؤدي إلى ذوبان المواد السامة عند سقوط الأمطار، ثم يبدأ التسرب إلى باطن الأرض باتجاه المياه الجوفية أو الجريان باتجاه الأنهار.

أشكال التلوث المائي:

هناك خمسة أشكال رئيسية من التلوث المائي (سامح الغرايبة ويحيى الفرحان، ١٩٨٧) وهي:

– التلوث الفيزيائي والذي يحدث نتيجة عمليات الانجراف المائي وفي مناطق المناجم والصناعات التعدينية.

– التلوث الكيميائي: ويحدث نتيجة وجود مواد كيماوية سامة مذابة في الماء مثل أملاح الكبريتات والنيترات والفسفور والرصاص والزئبق وغيرها.

– التلوث الإشعاعي: ينتج التلوث الإشعاعي للماء بسبب التجارب النووية أو انفجار المفاعلات النووية كما حصل في الاتحاد السوفييتي السابق والولايات المتحدة الأمريكية.

– التلوث الحراري: ويؤدي ذلك إلى ارتفاع درجة حرارة المياه سواءً مياه الأنهار أو مياه السواحل البحرية وينتج ذلك عن مياه المصانع التي استخدمت في عملية التبريد وارتفاع حرارة الماء ويقلل من الاكسجين مما يؤدي إلى القضاء على الثروة السمكية والنباتات المائية.

المحافظة على الموارد المائية:

كما مر معنا سابقاً نلاحظ أن موارد المياه السطحية والجوفية تتعرض لمشكلتين رئيسيتين وهما الاستنزاف والتلوث. ومن أجل المحافظة على هذا المصدر الهام والذي لا حياة بدونه، لا بد من اتخاذ بعض التدابير والقوانين للحد من المشاكل التي تهدد الموارد المائية وذلك عن طريق الحد من التلوث والحد من الاستنزاف للموارد المائية، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق:

١. الحد من الاستنزاف:

من أجل الحد من الاستنزاف يجب تطبيق الاجراءات التالية:

١. حماية الماء الجوفي من الاستنزاف عن طريق ترشيد الاستهلاك وذلك من أجل إعادة التوازن للمياه الجوفية عن طريق التوازن بين كميات المياه المسحوبة وكميات المياه المعوضة عن طريق الأمطار.
٢. معالجة المياه وإعادة استخدامها وذلك بالتخلص من المواد السامة فيها من أجل إعادة استخدامها في الري أو الصناعة.
٣. البحث عن مصادر مائية جوفية، وذلك لتخفيف الضغط عن المياه الواقعة تحت الاستغلال حتى يتاح لها المجال لإعادة تجديد مخزونها.
٤. توفير إدارة صارمة لتوزيع المياه في المدن، تعتمد على أسس علمية وتقنية.
٥. نشر الوعي لدى سكان الدول التي تعاني من تلوث أو استنزاف مواردها المائية عن طريق وسائل الإعلام والمدارس والمعاهد والجامعات.

٢. الحد من التلوث:

يمكن القيام بعدة اجراءات للحد من تلوث الموارد المائية وذلك كما يلي:

١. معالجة المياه العادمة والمنزلية في محطات تنقية خاصة تقلل من تلوث المياه الجارية والجوفية.
٢. فرض قوانين خاصة على المصانع لتقوم بتنقية المياه العادمة الصناعية الناتجة عنها حسب المواصفات المعتمدة.
٣. حماية المصادر المائية السطحية والجوفية من التلوث الناتج عن مخلفات الصناعة والمبيدات الحشرية المستعملة في الزراعة.
٤. معالجة الفضلات الصلبة في مكاب النفايات الصلبة خاصة حول المدن الكبيرة والتخلص منها بطريقة مأمونة.

٥. الحد من تلوث المياه بالنفط وذلك بالتأكد من صلاحية ناقلات النفط قبل تحميلها بكميات هائلة من النفط.

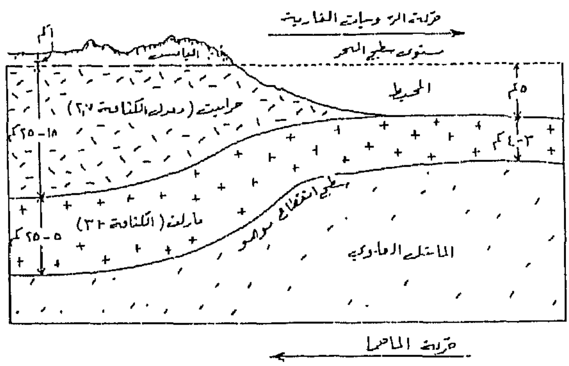
الفصل الرابع

القشرة الأرضية

تتكون القشرة الأرضية من صخور متنوعة ومختلفة من حيث نشأتها وطبيعتها وأثرها على الحياة في كوكب الأرض.

وتتألف القشرة الأرضية من طبقتين هما:

- طبقة السيال (Sial)، وتتكون من صخور حامضية ويغلب على مكوناتها السيليكا والألمنيوم وتمثلها صخور الجرانيت، ويتراوح عمقها بين ٥-٦٠كم.
- طبقة السيما (Sima)، وتتكون من صخور قاعدية من السيليكا والمغنيسيوم وتمثلها صخور البازلت ويصل عمقها إلى ٧٠كم (شكل ٥٢).



التباين في سماكة القشرة الأرضية القارية والمحيطية

شكل ٥٢

وتتفاوت القشرة الأرضية في سمكها بين سطح الأرض وقاع المحيط، فهي قليلة السمك تحت القشرة المحيطة، بينما تكون أكثر سمكاً تحت القشرة الصخرية القارية، وتغطي هذه القشرة حوالي ثلث مساحة الكرة الأرضية.

القشرة الأرضية وأنواع الصخور:

تتكون القشرة الأرضية من مواد مختلفة يمكن تقسيمها إلى قسمين هما:

أ. مواد عضوية: وهي الصخور التي يعود تكوينها إلى بقايا النبات والحيوان.

ب. مواد معدنية: وهي الصخور التي تكونت بصورة مستقلة عن النبات والحيوان.

تتكون الصخور من معادن بمعزل عن الكائنات الحية وأهم هذه العناصر المكونة للمعادن هي: الأكسجين والألمنيوم والحديد والصوديوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم.... الخ.

أما الموارد ذات الأصل العضوي فهي الفحم الحجري واللؤلؤ والكهرمان والأحجار الكريمة.

أنواع الصخور:

تقسم الصخور بناءً على أصلها ونشأتها إلى ثلاثة أنواع:

١. الصخور النارية:

وتسمى أيضاً بالصخرة المتبلورة، وهي صخور تكونت من مواد معدنية مصهورة تصلب بالبرودة مثل الجرانيت والبازلت، وتتميز بالخصائص التالية:

أ. أنها صخور خالية من المستحاثات.

ب. أنها تشكل القاعدة لسلاسل الجبال العظمى.

ج. وتعتبر الأساس الذي اشتقت منها الصخور الرسوبية والمتحولة.

د. تستجيب للضغوط الأرضية الباطنية بالانكسار.

هـ. ليست على شكل طبقات.

وتقسم الصخور النارية إلى ثلاثة أقسام:

أ. الصخور الجوفية العميقة:

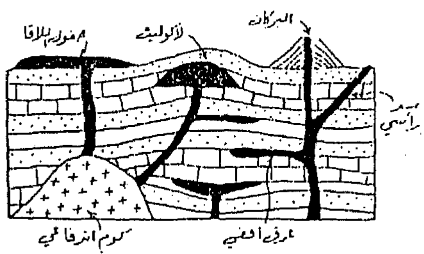
وهي الصخور التي تكونت أثناء تصلب الصهير في أعماق القشرة الأرضية مثل الجرانيت الذي يخلو من الثقوب، وتكون بلوراته واضحة، لأن الصهير برد في باطن الأرض ببطء شديد. ونظراً لبعدها عن سطح الأرض فإنها تخلصت تدريجياً من الغازات الحية بداخلها (شكل ٥٣).

ب. الصخور الطفحية البركانية:

وهي الصور التي تكونت نتيجة تصلب الماجما التي انبثقت على سطح الأرض، وبسبب تجمد هذه المواد بسرعة بقيت القطاعات الغازية بداخلها ومثال ذلك صخور البازلت الذي يحتوي على ثقوب كثيرة (شكل ٥٣).

ج. الصخور تحت السطحية أو صخور الأغوار:

تكونت هذه الصخور أثناء تصلب الصهير داخل قشرة الأرض، ولكنها قريبة من سطح الأرض بسبب عملية التعرية للصخور التي فوقها. وقد تبردت هذه الصخور تحت السطح خلال فترة أقصر مما تحتاجه الصخور الجوفية العميقة، وأطول مما يلزم الصخور البركانية، لهذا فإن لها خصائص فيزيائية وكيميائية مشتركة مع النوعين السابقين. وتحتوي على ثقوب وبلورات امتزجت معها وتداخلت مع بعضها البعض (شكل ٥٣).



الأشكال الأرضية الخارجية والداخلية البركانية

شكل ٥٣

٢. الصخور الرسوبية:

تتضافر العوامل الخارجية مع بعضها البعض في تعرية وتجوية الصخور النارية ومن ثم تحمل المواد المعراة ليتم ترسيبها في الأماكن المنخفضة، والتي تكون إما وسط مائي أو هوائي. ونظراً لتضاغطها بفعل الضغط الشديد فإنها تتصلب وتتماسك مشكلة صخوراً رسوبية.

وتتميز الصخور الرسوبية بالخصائص التالية:

١. يغلب على الصخور الرسوبية شكل الطبقات المتوازية، وتكون الطبقات مختلفة السمك والحجم.
٢. تحتوي الصخور الرسوبية على بقايا لآثار كائنات حية، تفيد علماء الجيولوجيا في تحديد أعمار الصخور.
٣. تستجيب للضغوط الباطنية أثناء تكونها بالطي وليس بالتصدع.

أما أهم أنواع الصخور الرسوبية فهي: الصخور الرملية والصخور الطينية والصخور الجيرية والصخور الكربونية والتي تمثلها صخور الفحم الحجري.

وقد تكون الصخور الرسوبية بشكل عام نتيجة الترسيب في قيعان البحار والمحيطات أو ترسب على سطح الأرض اليابس كما هو الحال في إرسابات الرياح وترب اللوس أو الترسيب بفعل فياضانات الأنهار أو الإرسابات الجليدية.

٣. الصخور المتحولة:

يؤدي الضغط والحرارة الشديدين إلى تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للصخور الرسوبية، وبذلك يتغير التركيب المعدني والمظهر الخارجي والتركيب الكيماوي. كما يمكن أن تحدث هذه التحولات للصخور النارية وبخاصة في قواعد السلاسل الجبلية التي يمكن أن تصل لكتل الصهير بسبب

العمليات التكتونيــة فتتحـول الصخـور الرسـوبية بسـبب الحـرارة الشـديدة وتتمـيز الصخور المتحولة بما يلي:

أ. هي صخور ذات بلورات واضحة ومرتبة في صفائح متوازية.

ب. يمكن أن توجد على شكل طبقات متوازية.

ج. تحتوي على بقايا عضوية (مستحاثات).

د. أقل أنواع الصخور انتشاراً.

ويتم تحول الصخور بسبب:

- **التحول الديناميكي:** أي بسبب الضغط الذي يحدث أثنـاء علميـات تكويـن الجبال على أعماق تصل فيها درجــة الحـرارة بيـن ٢٠٠-٣٠٠ °م علـى الأقل.
- **التحـول الحـراري:** ويحـدث ذلـك بسـبب ملامســة جـذور الجبــال لكتـل الصـهير أو بسبب سماكة الترسبات ومـا ينتـج عنهـا مـن ضغـط وحـرارة شديدين.

وأهم أنواع الصخور المتحولة:

- الأردواز وهو صخر متحول عن صخور طفلية رسوبية.
- الرخام صخر متحول عن الحجر الجيري.
- الكوارتز صخر متحول عن الحجر الرملي.
- النيس صخر تحول عن الجرانيت.

أثر العمليات الجيومورفولوجية في تشكيل سطح الأرض

التجوية: وهي أثر عوامل الجو المختلفة من حرارة ورياح وأمطار ومياه جارية على إضعاف الصخور وتآكلها ومن ثم تفتتها أو تحليلها.

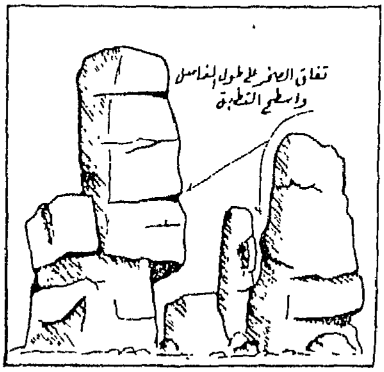
التجوية الميكانيكية:

وهي أثر عوامل الجو الميكانيكي أو الحركي على الصخور حيث تحدث عمليات تحطيم وتفتيت للصخور إلى أجزاء صغيرة دون إحداث تغيير في التركيب الكيماوي للصخر.

ومن عمليات التجوية الميكانيكية ١. التجوية الحرارية والتي تتمثل في المدى الحراري اليومي والسنوي والتي تؤدي إلى تمدد وتقلص الصخور، مما يؤدي إلى تكون ضغوط داخلية في المواد الصخرية تؤدي إلى تفككها وأما أهم وسائل التجوية الحرارية فهي: الانفراط والتغلق والتقشر والتشطير، ٢. التجمد، ٣. جذور النباتات، ٤. النخر، ٥. التبلور.

أما أهم الأشكال الارضية الناتجة عن التجوية الميكانيكية فهي:

- الاشكال القبابية او قباب التقشير، ينتج قباب التقشر بسبب تكسر الصخر المتجانس الى اجزاء دائرية وتتقشر الاجزاء الخارجية للصخر على شكل صفائح وقشور بموازاة سطح الصخر شكلاً قبابياً نتيجة لعملية التقشر. كما هو الحال في صخور الحجر الرملي في جنوب الاردن وميناء ريودي جانيرو في البرازيل.
- انتشار اشكال التفلق في الكتل الصخرية الكبيرة، ويتحطم الصخر الى كتل على طول خطوط المفاصل باتجاهات مختلفة (شكل ٥٤).
- الاشكال الحبيبية الدائرية.
- انتشار الشقوف الصخرية الطولية والراسية.
- المحطومات الموضعية التي تختلف عند قواعد الكتل الصخرية.
- المفتتات الحبيبية الناعمة.



شكل ٥٤

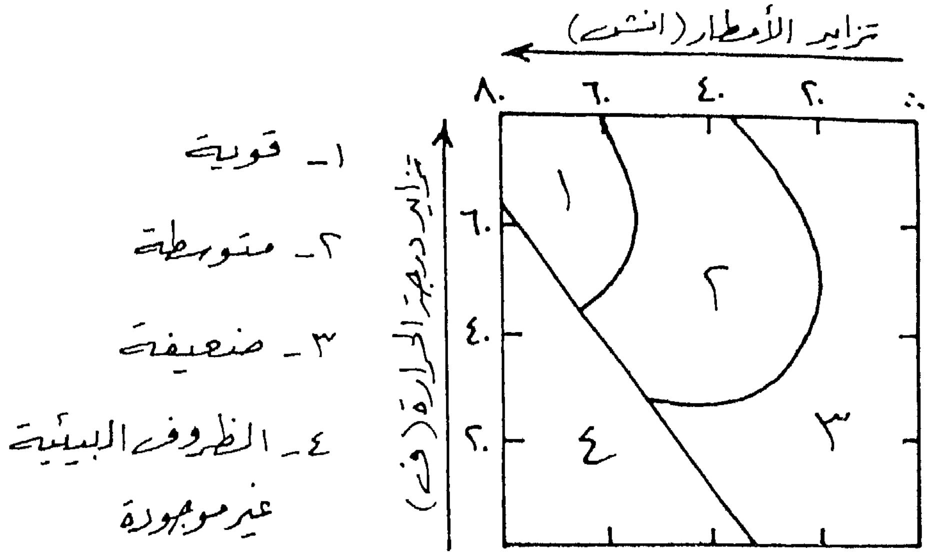
أشكال التفلق في الكتل الصخرية

التجوية الكيميائية:

التجوية الكيمائية هي تغيير يحصل على التركيب الداخلي للصخور، حيث تتم عملية التجوية الكيميائية عن طريق تفاعلات معقدة يستخدم في معظمها الماء وثاني أكسيد الكربون والأكسجين والحوامض والمواد العضوية التي تعمل على تحليل المعادن الأصلية التي يتكون منها الصخر إلى معادن تختلف في تركيبها الكيميائي وخصائصها عن المعدن الأصلي.

وتزداد عمليات التجوية الكيميائية في المناطق التي تزداد فيها درجة الحرارة والرطوبة معاً. أما إذا زادت درجة الحرارة لوحدها (كما في المناطق الصحراوية) أو الرطوبة لوحدها (المناطق الباردة) فإن التجوية السائدة تكون في هذه المناطق التجوية الميكانيكية. وبالتالي فإن التجوية الكيميائية تزداد في المناطق الجافة وتقل في المناطق الرطبة (شكل ٥٥).

أما أهم عمليات التجوية الكيميائية فهي: الأكسدة Oxidation وهي عبارة عن اتحاد الأكسجين مع العناصر أو المعادن المكونة للصخر وهذه العملية في صخور البازلت البركانية والتي تشتمل على معدن الحديد. حيث يتغير لون الحديد بعد الأكسدة إلى اللون البني أو الأحمر، وتؤدي الأكسدة إلى إضعاف الصخر أمام عوامل التجوية الأخرى.



التجوية الكيميائية وعلاقتها بالحرارة والرطوبة

شكل ٥٥

الاختزال Reduction:

وتحدث هذه العملية حينما لا يوجد اكسجين، حيث ينتج عنها مكونات هشة أقل مقاومة كما هو في الأكسدة، والتربة التي تتكون بفعل الاختزال يكون لونها بني.

الإماهة أو الهدرجة Hydration:

وهي عبارة عن اتحاد الماء بمركبات السيليكا الموجودة في الصخر ويتشكل من هذه العملية المعادن الطينية.

الكرنبة Carbonization:

وهي عبارة عن اتحاد ثاني أكسيد الكربون CO_2 مع الماء H_2O وينتج عن ذلك حامض الكربونيك H2Co3 كالتالي:

$$H_2O + CO_2 \Rightarrow H_2CO_3$$

الذوبان Solution أو Dissolution:

وبهذه الطريقة يذوب المعدن في الماء كما يذوب الملح أو السكر ومن المعادن السريعة الذوبان بالماء: النترات والكلوريدات والكبريتات والكربونات.

أما أهم الأشكال التضريسية الناتجة عن عمليات التجوية الكيميائية فهي:

أ. تشكيل طبقات من المواد الغضارية الهشة وهي مواد عضوية وغير عضوية: وتزداد هذه المواد الغضارية في المناطق الرطبة وتقل في المناطق الجافة.

ب. تشكيل ظاهرة الكارست Karst:

وتنتج هذه الظاهرة بفعل الإذابة التي يقوم بها الماء للصخور الجيرية المساهمية، حيث يعمل الماء على إذابة الصخور الكلسية بمساعدة حامض الكربونيك الذي يتواجد معه، وترافقه ظاهرة الكارست ظواهر تضريسية أخرى مثل البالوعات والكهوف الكارستية والصواعد والنوازل والمجاري المائية الباطنية والحفر المكشوفة.

ج. تساعد عمليات التجوية الكيميائية على تكوين آفاق التربة

د. ينتج عن التجوية الكيميائية موارد أرضية اقتصادية منها الكاولين الذي يستخدم في صناعة الاسمنت وكذلك تنتج موارد النيكل والبوكسيات.

التجوية الحيوية:

سميت هذه التجوية بهذا الاسم لأنها تنتج بسبب نشاط نباتي أو حيواني يؤدي إلى تغيير في الشكل الخارجي لسطح الأرض. وذلك بالرغم من أن التجوية الكيميائية والميكانيكية تحدث عن طريق الكائنات الحية نفسها، حيث يكون دور الكائن الحي ميكانيكي مثل نمو جذوب النبات في الصخور والتي تعمل على ازدياد هذه الشقوق فتضعف الصخر امام العوامل الأخرى. أو تكون حركة الحيوانات على الصخر أو عمليات الحفر التي تقوم بها القوارض بشكل خاص، عمليات تجوية ميكانيكية.

لكن دور النبات والحيوان في التجوية الكيميائية ينحصر في تحليل المواد العضوية وتأثير ذلك على مكونات الصخر واتحادها معها مما يؤدي إلى تجوية كيميائية.

وتعتمد عمليات التجوية على عدة عوامل منها:

١. **المناخ:** تنشط عمليات التجوية الكيميائية والميكانيكية في صخور البيئات الحارة والرطبة بسبب توفر الحرارة والرطوبة، بينما تضعف في البيئات الجافة والباردة. ومن جهة أخرى تنشط عمليات التجوية الميكانيكية في البيئات الجافة والباردة بسبب التفاوت الحراري وتجمد الماء، بينما تتضاءل عمليات التجوية الكيميائية نظراً لندرة الرطوبة في البيئات الجافة.

٢. **النفاذية والمسامية للصخر والرواسب السطحية:** تزداد عمليات التجوية في الصخور ذات المسامية القليلة والنفاذية العالية، بينما تقل عمليات التجوية في الصخور ذات النفاذية المنخفضة. كما تساعد الشقوق والمفاصل في قوة وعمق وسرعة التجوية بسبب دخول الماء والهواء فيها.

٣. **نوع الصخر:** تختلف مقاومة الصخور لعمليات التجوية وذلك حسب صلابتها، فالصخر الكلسي يتأثر بعمليات التجوية الكيميائية تأثراً شديداً في البيئات الرطبة، بينما تضعف عمليات الإذابة في المناطق الجافة لقلة

الأمطار وندرتها لكن الصخور تقاوم عمليات النحت وكافة عمليات التجوية بسبب اختلاف صلابتها.

٤. **اتجاه السفوح:** تزداد معدلات التجوية في السفوح الجنوبية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية والسفوح الشمالية في النصف الجنوبي وذلك لأن هذه السفوح تتلقى اشعاع شمسي أكثر من السفوح المعاكسة.

٥. **الانحدار:** تزداد عمليات التجوية مع ازدياد درجة الانحدار، فكلما زادت درجة الانحدار زادت معدلات التجوية وكلما قلت درجة الانحدار قلت عمليات التجوية.

٦. **تلوث الغلاف الجوي:** تزداد معدلات التجوية الكيميائية في المناطق التي يزداد فيها التلوث الكيميائي نظراً لأن الحوامض المنبعثة في الجو تزيد من تفكك المعادن فتؤدي إلى تجوية أكثر.

العوامل التي شكلت الظواهر التضريسية لسطح الأرض:

١. حركة القشرة الأرضية.

٢. الحركات الأرضية الباطنية البطيئة.

٣. الحركات الأرضية الباطنية السريعة.

حركة القشرة الأرضية:

تتباين الحركات الأرضية التي كونت الأشكال التضريسية الكبرى في شدتها وتأثيرها. وأهم النظريات التي تتعلق بحركات القشرة الأرضية التي كونت التضاريس القارية هي:

أ. نظرية زحزحة القارات (Continental Drift):

إن تشابه بنية القارات في العالم القديم والعالم الحديث، دفع العالم ألفرد فجنر (Alfred Wegner) ، عام ١٩١٥ إلى وضع نظرية زحزحة القارات،

لتفسير تكون القارات والتضاريس القارية. ويرى فجنر أن القارات كانت تؤلف في الأزمنة الجيولوجية الأولى كتلة واحدة من السيال ثم تصدعت وتمزقت نتيجة استجابتها لضغوط طبقة المانتل اللزجة الواقعة أسفل منها إلى كتلة مختلفة الحجم تطورت عنها القارات الحالية. وقد انقسمت الكتلة السيالية بادئ الأمر إلى كتلتين رئيسيتين تباعدتا تدريجياً في الأزمنة الجيولوجية الثاني والثالث والرابع، وتشمل الكتلة الأولى على الأمريكيتين، اللتين تزحزحتا نحو الغرب والشمال، والقارة الاسترالية والقارة القطبية الجنوبية اللتان زحفتا نحو الجنوب حيث استقرتا على وضعهما الراهن.

أما الكتلة التي تشمل كل من أوراسيا وأفريقيا، فقد تمزقت وتزحزحت أجزاؤها في اتجاهات مختلفة. حيث زحفت آسيا نحو الشمال الشرقي وتباعدت أفريقيا عن آسيا، وزحفت مع أوروبا نحو الشمال الغربي ونشأ عن تباعدهما البحر الأحمر والخليج العربي، وانفصلت مدغشقر عن الهند (Hidor, J. J., 1974).

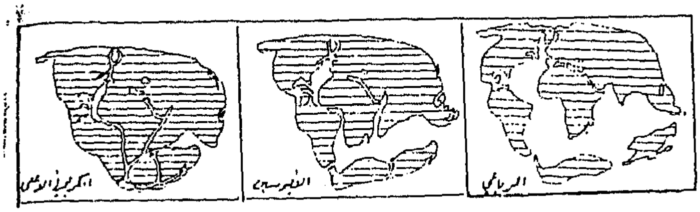
ويبين الشكل (٥٦) كيفية زحزحة القارات خلال الأزمنة الجيولوجية المختلفة حسب نظرية "فجنر".

ومن البراهين التي تدعم نظرية الزحف القاري، تشابه شواطئ المحيط الأطلسي الشرقية والغربية وتوافق شواطئ البحر الأحمر الشرقية والغربية. كما أثبتت القياسات الفلكية استمرار تباعد القارة الأمريكية الشمالية عن أوروبا بمقدار أربعة أمتار سنوياً. بالإضافة إلى أن وجود حفريات بقايا النباتات والحيوانات المدارية في المناطق الباردة يدل على حدوث تغيير في مواقع تلك المناطق نتيجة زحفها خلال الأزمة الجيولوجية.

ب. نظرية تكتونية الصفائح (Plat Tectonics)

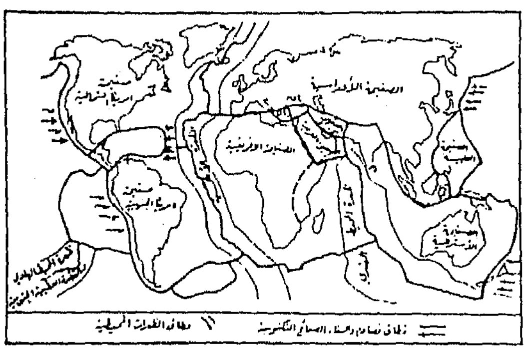
تعتمد هذه النظرية على أن القشرة الأرضية مقسمة إلى عشر صفائح أرضية أو أكثر، وتتكون هذه الصفائح من كتل صلبة معدل سمك كل منها حوالي مئة كيلومتر، وتنزلق الصفائح على طبقة منصهرة أسفلها، وتشبه حركة الصفائح

فوق الصهير حركة الكتل الثلجية البطيئة فوق المناطق القطبية تحت تأثيرات التيارات البحرية والرياح. ويحيط بكل صفيحة عند أطرافها هوات محيطة ونطاقات انكسارية تشكل أحزمة من الأراضي النشطة بالزلازل والبراكين (شكل ٥٧).



زحزحة القارات حسب نظرية فجنر

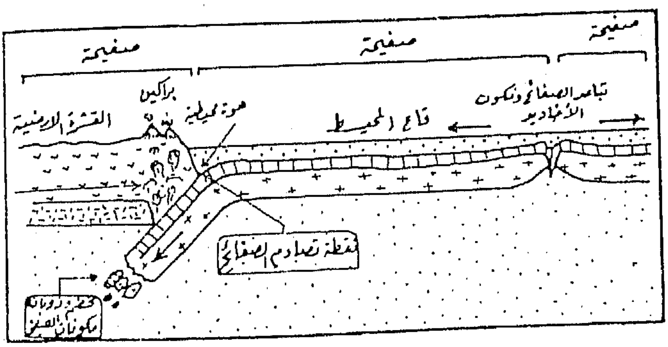
شكل ٥٦



الصفائح التكتونية

شكل ٥٧

وحسب هذه النظرية فإن قيعان المحيطات تتباعد على طول أخـاديد تمتـد على طول الظهرات المحيطية، ويمثل كل أخدود الحد الفاصل بين كل صفيحتين، وعلى طول هذا الخط تتباعد الصفيحتان في اتجاهين متعاكسين (شكل ٥٨)، بينما تمثل الهوات المحيطية أماكن التصادم أو التقاء الصفائح الأرضية. وعند التقائهما تصعد الصفيحة الميحطة جاعلة الثانية تغور في الصهير حيث تتحطم وتذوب ويصاحب عملية الغور تلك حدوث زلازل وبراكين عنيفة (Hidore, J. J. 1974).



حركات الصفائح في الاتجاهات المتعاكسة
شكل ٥٨

الحركات الأرضية الباطنية البطيئة:

تساهم الالتواءت والصـدوع في تكوين تضاريس سطح الأرض بشكل عنيف أحياناً وبشكل لطيف أحياناً أخرى، وذلك بسبب قوى الضغط والشد التي تتعرض لها الصخور.

الالتواءات:

تنشأ الالتواءات نتيجة تعرض صخور رسوبية رخوة لضغوط جانبية أو راسية مما يؤدي إلى أن تستجيب الطبقات الرسوبية الرخوة لهذه الضغوط بالطي أو الالتواء. وتتكون الطيات عادة من قسم محدب نحو الأعلى وقسم مقعر نحو الأسفل ويمكن القول أيضاً أن الطية تتكون من محدبين ومقعر أو من مقعرين ومحدب (شكل ٥٩).

أنواع الطيات:

١. الطيات القائمة وتتكون نتيجة تشكيل زاويتين قائمتين بين السفحين وخط الأفق.
٢. الطية المائلة: وهي كون الطية ذات سفح قائم والآخر لا يتساوى معه بنفس الزاوية أي يصبح انحدار السفحين مختلفي الميل على الأفق.
٣. طية ناعمة: وتتكون نتيجة كون السفحين قريبين من الوضع الأفقي.
٤. طية متساوية الميل: عندما يتساوى ميل السفحين مع خط الأفق.
٥. الطية المروحية: وتتكون عندما تتعرض الطبقات الرخوة إلى ضغط جانبي شديد يؤدي إلى انضمام شديد للطبقات.
٦. طية مصدوعة: وتتكون عندما تتعرض الطبقات الصخرية المطوية إلى عملية تصدع.

الأشكال الأرضية الناتجة عن الالتواءات:

١. الجبال الالتوائية الناجمة عن حركات طي ضعيفة: حيث تتكون المحدبات والمقعرات فتكون الجبال والأودية.
٢. الجبال الالتوائية الناتجة عن حركات طي عنيفة ومعقدة.
٣. الهضاب المرتفعة.
٤. الأحواض والأغوار.

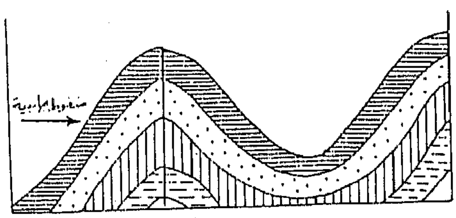
الصدوع:

تتكون الصدوع في الصخور الصلبة نتيجة تعرضها لضغوط شديدة فتستجيب لهذه الضغوط بالتكسر والتصدع. وإذا أصاب الأرض شق وبقيت الطبقات الصخرية على نفس المستوى فيطلق على هذا الشق مصطلح فصم

Joint. وإذا كان هناك هبوط للطبقات الصخرية وارتفـاع للبعض الآخر فسوف يتكون فرق في الارتفاع على جانبي الشق مما يؤدي إلى تكون الصدع. ويطلق على الفرق في الارتفاع بين الطبقات الهابطة والطبقات المرفوعة مصطلح مدى التصدع (شكل ٦٠).

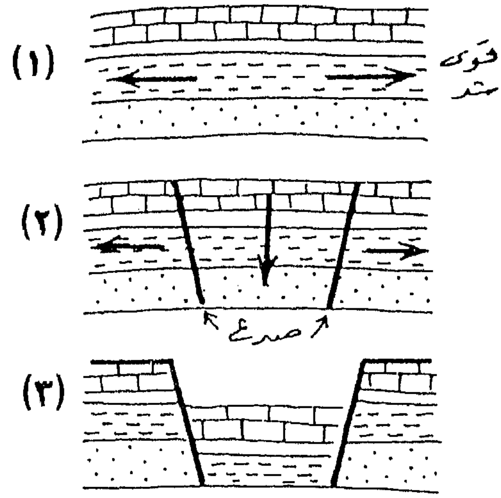
وهناك عدة أنواع من الصدوع التي تغير شكل سطح الأرض كما يلي:

١. الصدع الشاقولي أو الرأسي: وهو الصدع الذي يشكل فيه سطح الأرض المخسوفة مع سطح الأرض المرتفعة زاوية قائمة.
٢. الصدع المائل: يتكون هذا الصدع عندما تكون الجهة المخسوفة مائلة باتجاه محور الصدع.
٣. الصدع المخسوف: ويتكون نتيجة إشراف محور الصدع على الجهة المخسوفة بميل قوي.
٤. الصدع الموافق: ويتكون عندما يكون اتجاه الطبقات مائلاً مع محور الصدع.
٥. الصدوع المدرجة: وتتكون نتيجة حدوث مجموعة من الصدوع ينشأ بينها منطقة مرتفعة أو منطقة هابطة كمنطقة الغور في وادي الأردن.
٦. المصاطب الصخرية: تنتج بسبب حدوث عدة صدوع في اتجاه واحد فقط.



تطور الألتواءات

شكل ٥٩



تطـور الصـدع
شكل ٦٠

أ الحركات الأرضية الباطنية السريعة:

تحتوي الحركات الأرضية الباطنية السريعة على كل من الزلازل والبراكين والتي تغير سطح الأرض خلال وقت قصير.

الزلازل:

هي حركات أرضية أو اهتزازات فجائية تصيب القشرة الأرضية، فتعمل على تغيير سطح الأرض بشكل سريع. وتكون الهزات على شكل هزات أفقية، أي حركة سطح الأرض بشكل أفقي. أو هزات رأسية (شاقولية) أي حدوث رفع وخفض لسطح الأرض. وهزات مروحية، وهي حركات مختلطة بين الأفقية والعمودية.

وللزلازل مركزين المركز العميق الموجود في داخل القشرة الأرضية ويمتد على محور إلى سطح الأرض ليشكل المركز السطحي الذي تنطلق منه

حركة سطح الأرض نحو الأطراف من ذلك المركز السطحي، وتكون الزلازل شديدة كلما اقتربنا من مركز الزلازل السطحي وتقل قوة الزلزال كلما ابتعدنا عن مركز الزلزال.

وقد بدأ تسجيل ورصد الزلازل منذ عام ١٨٤٦ باستعمال جهاز قياس الزلازل والمسمى السيسموغراف Sismograph ويستطيع السيسموغراف تسجيل مدة حدوث الزلزال وبداية حدوثه ووقت انتهائه وشدة الزلازل.

التوزيع الجغرافي للزلازل:

- تنتشر الزلازل في المناطق التالية:
- امتداد الصدوع الطولانية في السلاسل الجبلية.
- منطقة حزام النار الممتدة على سواحل المحيط الهادي.
- الأماكن التي تغير فيها سلاسل الجبلية اتجاهها. مثل القوس الجبلي في الهيمالايا والقوس الجبلي في جبال الكاربات.
- منطقة الصدع الأفريقي الآسيوي.
- منطقة ضعف القشرة الأرضية في المحيط الأطلسي.

من الاشكال الارضية التي تحدثها الزلازل ما يلي:

١- تكون الصدوع وتغير المعالم الطبيعية في منطقة التصدع، مثل تقطع شبكة التصريف المائي (شكل ٥٩).

٢- ازاحة رأسية وأفقية في العشرة الأرضية. ففي الزلزال الذي حدث في تشيلي عام ١٨٢٢، ارتفعت منطقة مساحتها ٢٥٠ ألف كم^{٢} نحو متر عن منسوبها قبل الزلزال.

٣- تكون هوات طولية: فقد اعقب الزلزال الذي تعرضت له منطقة صدع سان اندرياس ١٩٠٦ في كاليفورنيا حدوث هوة طولية في سطح الأرض بلغ طولها ١٠٠٠كم في تلك الولاية.

٤- تتسبب الزلازل في حدوث خسف أو رفع في قيعان البحار.

٥- ينتج عن الزلازل حدوث انزلاقات أرضية فجائية وتشققات ارضية طولية.

البراكين:

تتكون البراكين من تكدس مواد قادمة من أعماق القشرة الأرضية على سطح الأرض حول الفوهة التي تخرج منها هذه المواد، وتكون المواد على شكل مواد ذائبة لا تلبث أن تتصلب نتيجة تبردها. وتكون المواد الخارجة من الفوهة البركانية أحيانا على شكل مقذوفات تدفعها البراكين بعنف في الهواء ثم تسقط على الأرض وتتكدس فوق بعضها. وتتكون البراكين بسرعة بينما تكون عملية نحتها بطيئة قد يلزمها ملايين السنين.

وتعتبر البركانين أهم من الزلازل كعامل في صياغة الأشكال الأرضية ويمكن للبراكين أن تخرج فوق سطح الأرض أو يمكن أن تبقى ضمن القشرة الأرضية ويمكن أن تخرج داخل مياه البحار والمحيطات، فإذا بقيت داخل الماء فإن ملاحظتها أو رؤيتها تكون معدومة بالعين المجردة وإذا خرجت فوق سطح الماء وتكدست اللافا فإنها تشكل جزيرة داخل المحيط، كما هو الحال في كثير من جزر المحيط الهادي كجزر هاواي.

أنواع البراكين:

إن حالة المهل أو اللافا التي تخرج من فوهة البركان تحدد نوع البركان ويعتمد ذلك على ميوعة أو لزوجة اللافا. وبالتالي يمكن أن نميز الأنواع التالية من البراكين:

١. **البراكين شديدة الميوعة**: وهي تلك التي شكلت جزراً كبيرة مثل جزر هاواي وجزر ساندويتش وبركان مونالوا وكيلوا.

٢. **البراكين ذات الميوعة الأقل أو بركان سترومبولي**: وتنسب هذه البراكين إلى بركان سترومبولي في جزر ليباري. ويرافق هذه البراكين انفجارات عنيفة يصاحبها خروج مقذوفات متصلبة مثل القنابل.

٣. **البراكين الشديدة اللزوجة**: ويمثلها بركان فولكانو في جزر ليباري. وتكون هذه البراكين شديدة اللزوجة مما قد يؤدي إلى انسداد المدخنة باستمرار منع الغازات من الخروج، فتحبس هذه الغازات والأبخرة فترة من الزمن ويزداد ضغطها ثم تخرج منطلقة أثر انفجارات عنيفة تحدث فجأة فتسبب تناثر المهل في الجو ونشوء سحب كثيفة من الرماد.

٤. **البراكين الجانبية الشديدة**: وهي البراكين التي تخرج من طرف البركان وتصاحبه خروج مقذوفات تزيد حرارتها على ١٠٠٠ °م. ويكون المهل أو اللافا شديدة اللزوجة مثل بركان بيليه.

٥. **براكين التكدس**: وهي براكين تتكون بسبب تكدس اللافا الخارجة على شكل كوم كبير على شكل قبة ضخمة مثل بركان جبل الدروز وجبال الماسيف سنترال في فرنسا.

الأشكال الأرضية الناتجة عن البراكين:

من أهم الأشكال الأرضية:

١. غطاءات الرماد البركاني: وهي عبارة عن غطاءات من الرماد البركاني تترسب على سطح الأرض فتغطي أشكال الأرض الأصلية، وتكون التربة البركانية السوداء.

٢. الجبال التراكمية: يزيد خروج اللافا من ارتفاع فوهات البراكين خاصة عندما تبرد اللافا فتكون الجبال التراكمية العالية مثل بركان جبل فوجي ياما في اليابان الذي يزيد ارتفاعه عن ٣٧٠٠ متر عن مستوى سطح البحر.

٣. الجزر المحيطية: عند اندفاع اللافا خارج سطح الماء في البحار والمحيطات تبرد هذه اللافا فتكون جزراً صخرياً ونتيجة استمرار حدوث الأمواج في كل لحظة منذ تكوينها وربما يكون ذلك من ملايين السنين، بالإضافة إلى أثر عوامل التجوية على سطح البركان نفسه مما يؤدي إلى تشكيل التربة فتصبح جزيرة تنمو فيها النباتات. مثل جزيرة جوليا بالقرب من صقلية وقد تكونت عام ١٨٣١.

٤. تغطي حقول اللافا مساحات واسعة من سطح الكرة الأرضية وربما يصل سمك حقول اللافا إلى مئات الأمتار كما هو الحال في هضبة كولومبيا في الولايات المتحدة الأمريكية بمساحة ٥١٨الف كم٢. وهضبة الدكن في الهند والتي تزيد مساحتها عن ٥٠٠ ألف كم٢، كما يوجد أيضاً هضبة حوران في سوريا والهضبة الفرنسية والهضبة الحبشية.

وتتوزع البراكين في مناطق ضعف القشرة الأرضية مثل مناطق الفوالق والصدوع ومناطق الضعف في المحيط الهادي والأطلسي.

أثر العمليات الجيومورفولوجية على القشرة الأرضية

اثر الرياح في تشكيل سطح الأرض:

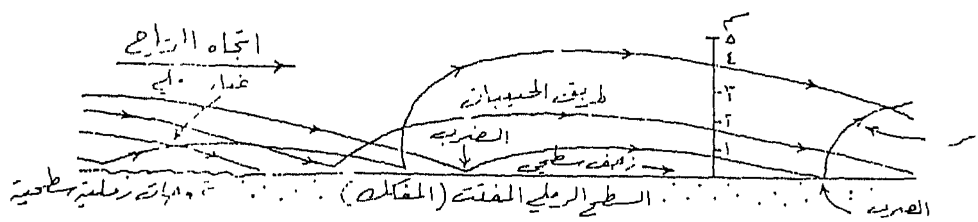
تعتبر الرياح من العوامل المهمة التي تؤدي الى تكوين أشكال الأرض وتزداد قدرة الرياح على النحت في الظروف البيئية التالية:

١. البيئات المناخية الصحراوية الجافة.
٢. الأسطح المستوية مثل المناطق السهلية.
٣. المناطق التي يخلو منها الغطاء النباتي.
٤. المناطق التي تمتاز برياح شديدة السرعة أو اضطرابات هوائية.

وتقوم الرياح بعدة عمليات هي النحت والنقل والترسيب، أما اهم عمليات النحت الريحي فهي:

١. التذرية الريحية Deflation:

وتتم عملية النحت هنا بتحريك حبيبات الرمل عن طريق القفز على طول السطح الذي تقفز عليه (الشكل ٦١). واثناء حدوث العاصفة الرملية فإن حبيبات الرمل تقفز الى ارتفاع ٢٥ملم ومن النادر أن يصل ارتفاعها الى المتر الواحد، لأنها تسقط الى الأرض وتضرب السطح وتقفز مرة أخرى وهكذا تستمر العملية طلما استمرت العاصفة الرملية.



حركة الرمال عن طريق القفز والزحف السطحي

شكل ٦١

٢. النخر Abrasion:

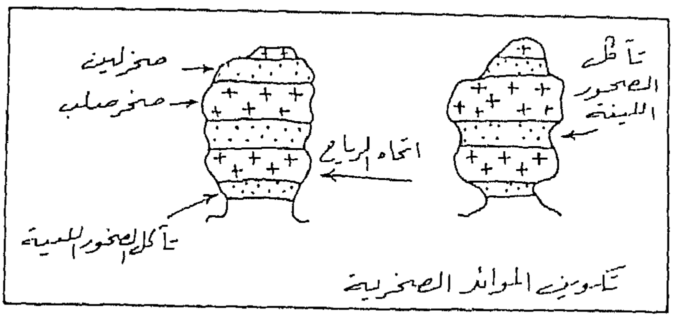
تقوم الرياح بنحت الأسطح الصخرية عن طريق التقاط وحمل الحبيبات الرملية الدقيقة وضربها بالأسطح المكشوفة، وتعتمد هذه العملية على سرعة الرياح وخشونة السطح، وتسمى هذه العملية بالكشط. وتتم هذه العملية عادة بالقرب من سطح الأرض وذلك بسبب زحفها على السطح وليس القفز.

الأشكال التضريسية الناتجة عن الحث الريحي:

ينتج عن الحت الريحي نوعان من الأشكال الأرضية التضريسية هما: الأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الحت والأشكال الأرضية الناتجة عن عمليات الارساب.

أما أهم الأشكال الأرضية الناتجة عن الحت الريحي فهي:

١. الموائد الصخرية أو ظاهرة الفطر وتحدث نتيجة نحت الرياح المحملة بالرمال للتكوينات الصخرية اللينة الموجودة عند قواعد هذه الصخور مما يؤدي الى تآكل الطبقات اللينة عند القاعدة أكثر من الطبقات اعلى منها فتكون ظاهرة الموائد الصخرية وغالباً ما تتكون هذه الظاهرة في الصحراء (شكل ٦٢).



تكوين الموائد الصخرية المتآكلة القواعد

شكل ٦٢

٢. المسلات والشواهد الصخرية:

حيث تعمل الرياح على نحت الاجزاء اللينة وتبقى الاجزاء الصلبة قائمة على شكل شواهد.

٣. حفر التذريه أو المنخفظات الصحراوية:

وتنشأ هذه الحفر بسبب الرواسب المائية في منخفض صحراوي لاتلبث المياه أن تجف منه فيبدأ قاعة الطيني بالتشقق فتعمل الرياح على تذرية الطين الناعم من وسط المنخفض او الحفرة فيزداد عمقها ومع تكرار العملية واستمرارية التذرية تتكون حفر أو منخفضات صحراوية يصل عمقها أحياناً الى أكثر من ١٥متراً.

٤. أرض الحماد:

وهي اسطح مستوية مرصوفة بالحصى، حيث يتكشف الحصى بعد إزالة المواد الناعمة فيبقى الحصى مغطياً سطح الأرض على مساحات واسعة كما هو الحال في الأردن وليبيا.

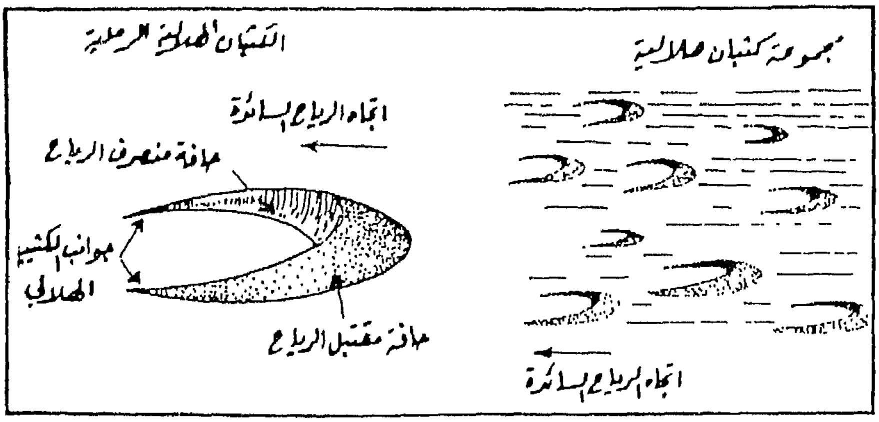
٥. التلال الصحراوية المعزولة:

وتتكون هذه التلال بسبب إزالة الجزء الأكبر من السطح الصخري بفعل نحت الرياح، فتبقى أجزاء من السطح الصخري على شكل تلال معزولة ومنفردة.

الأشكال الناتجة عن الإرساب الريحي:

١. **الكثبان الرملية**: تتكون الكثبات الرملية في البداية بسبب وجود عائق طبيعي أمام الرياح المحملة بالرمال، كأن تكون هناك أجمة أو نبكة أو صخرة أو شجيرة تعمل على إعاقة الرياح وبالتالي ترسيب ما تحمله معها من رمال حول ذلك العائق الطبيعي مما يؤدي إلى زيادة كمية الرمال

المترسبة وتكوين كثيب رملي (شكل ٦٣) ومن أنواع الكثبان الرميلة الكثبان الهلالية والكثبان المستعرضة.



الكثبان الهلالية

شكل ٦٣

٢. **التموجات الرملية Sand Ripples**: وهي عبارة عن موجات رملية تنشأ على السطح ويصل ارتفاعها إلى ٧٠سم وطولها حوالي ٢٠م. وهذا يعتمد على سرعة الرياح وحجم المواد.

٣. **العروق الرملية Ergs**: وهي عبارة عن مناطق واسعة من الصحراء مغطاة بالكثبان الرملية.

٤. **تربة اللوس Loess siol**: وهي ذرات ناعمة جداً تحملها العواصف الغبارية لمسافات بعيدة جداً وعندما تنخفض سرعة الرياح فإنها ترسب ما تحمله من مواد ناعمة يطلق عليها اسم تربة اللوس.

أثر الماء في تشكيل سطح الأرض:

تعمل المياه الجارية وكافة أشكال الجريان مثل الأنهار والأودية والجداول على تشكيل سطح الأرض من خلال عمليات النحت والنقل والترسيب. وتزداد عملية النحت المائي في البيئات الرطبة ذات السطوح المنحدرة والشديدة الوعورة.

وتبدأ عملية النحت المائي عن طريق وادي ابتدائي عبارة عن سيل ناجم عن تجمع المياه وعقب الأمطار على مساحة من الأرض شديدة الميل، وعادة ما تحدث هذه العملية في المناطق الجبلية، ويقسم هذا السيل أو الوادي إلى ثلاثة أقسام وهي حوض التجمع وهي المنطقة العليا من السيل وهو عبارة عن مجموع الروافد الصغيرة من الرتبة الأولى، حيث تلتقي هذه الروافد مع بعضها لتشكل الجزء الثاني من الوادي وهو ما يسمى بالمجرى العام أو السيل ثم يتابع المجرى العام سيره ليصل إلى منطقة مصبة وهو الجزء الثالث أو ما يسمى بمنطقة مخروط الأنقاض الفيضية.

ومع استمرار جريان الماء في هذه الشعاب والأودية والمجاري الرئيسية يستمر عمله في نحت السفوح مما يؤدي إلى حدوث انجراف التربة السطحية وحدوث الانزلاقات التي تحملها المياه الجارية وتستمر عملية تعميق وتعريض الأودية لمجاريها ويصبح سطح الأرض دائم التغيير بسبب استمرار جريان الماء.

وتتوقف قدرة المياه على النحت على:

أ- سرعة الجريان: حيث تزداد عملية النحت بازدياد سرعة المياه الجارية ويتوقف ذلك على درجة الانحدار، فكلما زادت درجة الانحدار كلما زادت سرعة المياه وبالتالي زادت عملية النحت.

ب- كمية التصريف المائي: وهي كمية المياه المارة من مقطع عرضي للمجرى النهري مقدرة بالمتر المكعب بالثانية، وتزداد قدرة النهر على النحت بازدياد كمية التصريف المائي. وعادة ما يزداد التصريف المائي في فصول الرطوبة وخاصة أوقات حدوث الفيضان فتزداد قدرة الانهار على النحت والنقل والترسيب.

وتسمى الأراضي التي تسقط عليها الأمطار وتتجه هذه الأمطار بعد وصولها لسطح الأرض باتجاه مجرى رئيسي واحد تسمى هذه المنطقة بحوض النهر. وتسمى المنطقة الفاصلة بينها وبين حوض آخر بخط تقسيم المياه بين الأنهار (شكل ٦٤). وتقسيم المجاري المائية عادة إلى ثلاث أقسام هي الحوض الأعلى وهي منطقة الروافد الصغيرة والتي تشكل منابع النهر، ثم الحوض الأوسط والذي تتحد فيه معظم الأودية الصغيرة، ثم الحوض الأدنى وعادة تكون هذه المنطقة من نهاية الحوض الأوسط وحتى يصب الوادي أو النهر في مصبه النهائي. وعادة ما يكون للنهر مقطعان المقطع الطولي وهو طول المجرى من المنبع وحتى المصب، والمقطع العرضي للحوض المائي هو المنطقة التي تصل بين طرفي حوض الوادي.



حوض التصريف وخط تقسيم المياه

شكل ٦٤

وتعمل كافة **أشكال الجريان المائي** على نحت الأسطح التي تمر فوقها والتي تتأثر بالعوامل التالية:

١. شدة انحدار السطح، حيث تتناسب قوة النحت تناسباً طردياً مع زيادة الانحدار.
٢. نوع الرواسب السطحية ونوع وتركيب الصخور.
٣. الغطاء النباتي الذي يؤدي وجوده إلى تقليل عملية النحت ويؤدي عدم وجوده إلى زيادة عملية النحت.
٤. غزارة الأمطار وديمومتها، حيث تزداد معدلات التعرية بازدياد كمية الأمطر واستمرارها لفترة زمنية أطول.
٥. بالإضافة للنشاطات البشرية المختلفة والتي تؤثر على سطح الأرض ومن بين هذه النشاطات، الري الجائر، وقطع الغابات وبناء الطرق وانتشار العمران على حساب الأراضي الزراعية أو الغابات.

دورة التعرية:

لقد وضع ديفيس W. M. Davis فكرة الدورة الحتية أو دورة التعرية، وهي تطور عمليات الحت منذ بدايتها في الأودية الخانقية السحيقة وحتى تصل إلى ما يسمى بشبه السهل Peneplaine. وتمتاز كل مرحلة من مراحل دورة التعرية بأشكال أرضية خاصة بها، كما أن جميع الأنهار تمر في هذه الدورة. كما يمكن أن تمثل مقاطع النهر مراحل الدورة الحتية فمثلاً مرحلة الشباب يمثلها أشكال التضاريس في الحوض الأعلى، بينما يمثل المجرى الأوسط أو الحوض الأوسط مرحلة النضج ويمثل الحوض الأدنى مرحلة الشيخوخة (شكل ٦٥).

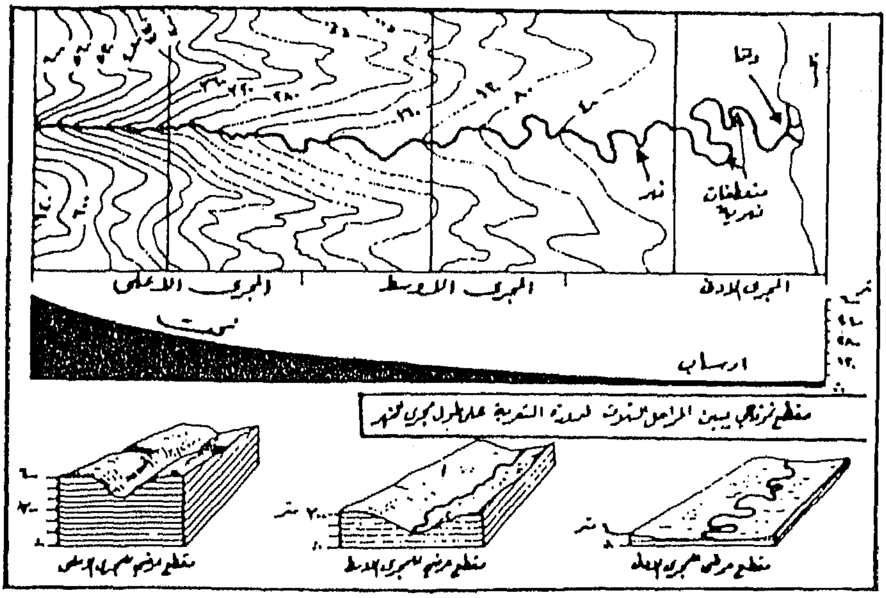
وتسود عملية النحت الرأسي عندما يكون المجرى شديد الانحدار (أي في مرحلة الشباب)، بينما تسود عملية الترسيب عندما يكون المجرى خفيف الانحدار

أي في مرحلة النضج أو مرحلة الشيخوخة، أما في عملية النضج فتسود فقط عملية النحت الجانبي (شكل ٦٥ أ و ب).

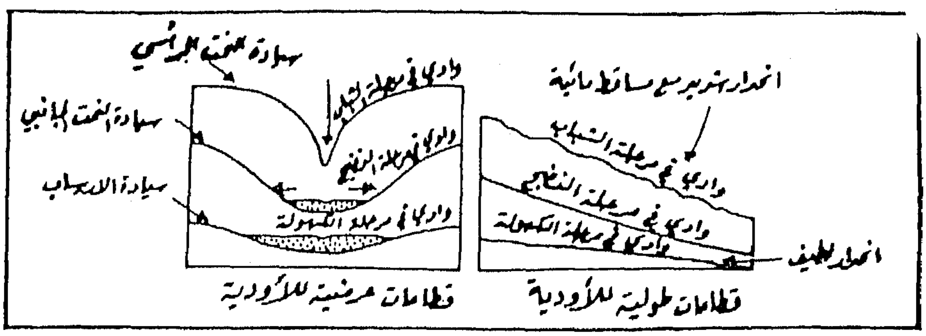
وتتغير خصائص سطح الأرض في مراحل دورة التعرية كما يلي:

١. خصائص مرحلة الشباب:

- هناك نشاط كبير لكافة عوامل النحت، حيث تعمق المجاري نفسها وتحدث الانزلاقات والانهيارات.
- تتخدد السفوح ويكون شكل المجاري المائية على شكل خانقي.
- تتكون الشلالات وأماكن إسراع للمياه.
- شدة الانحدار لكافة المجاري المائية.



(شكل ٦٥أ) تطور الأودية النهرية



(شكل٦٥ب) النحت والارساب خلال المراحل التطورية للنهر

شكل ٦٥

خصائص دورة التعرية في مرحلة النضج:

- اتساع المجاري المائية على شكل حرف (U).
- قلة درجة الانحدار.
- بداية ظهور الرواسب النهرية وتكوين السهل الفيضي.
- انعدام أماكن إسراع الماء والشلالات والخوانق.
- يصبح تصريف الماء أكثر انتظاماً.

خصائص دورة التعرية في مرحلة الشيخوخة:

- يخف انحدار السفوح بشكل واضح ويصبح شكل المنطقة قريبة من شكل السهل.
- يزداد انفراد القطاع العرضي للمجاري المائية.
- تتكون المنعطفات النهرية (الأكواع النهرية).
- تزداد عملية الترسيب ويظهر السهل الفيضي بشكل واضح.
- تصبح الأنهار بطيئة الجريان.
- تقل قدرة المياه على الحمل.

الأشكال الأرضية الناتجة عن الحت المائي:

تقسم الأشكال الرياضية الناتجة عن الحت المائي إلى:

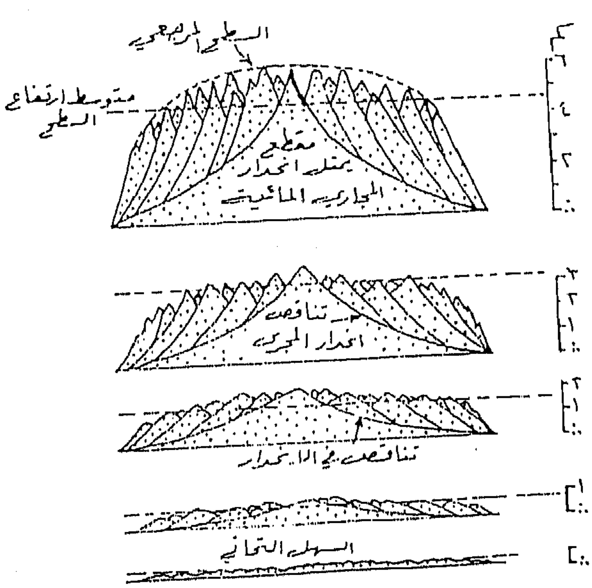
- الأشكال الناتجة عن الحت المائي.
- الأشكال الناتجة عن الإرساب المائي.

أ. الأشكال الأرضية الناتجة عن الحت المائي:

تقوم جميع المجاري المائية بجميع رتبها لتشكيل سطح الأرض وذلك من خلال العميات التالية: النحت والنقل والترسيب، ويتغير شكل الأرض بسبب الحت المائي باستمرار ومن هذه الأشكال:

١. السهل التحاتي:

فمن خلال (الشكل ٦٥) نلاحظ كيفية تناقص الانحدار للسفوح بشكل عام وانحدار المجاري المائية بشكل تدريجي نتيجة عمليات النحت، ويمكن ملاحظة تناقص ارتفاع المنطقة من (الشكل ٦٦) من خمسة كيلومترات إلى حوالي نصف كيلومتر تقريباً.



(شكل ٦٦) التطور التحاتي لمنطقة ما

الشكل ٦٦

٢. تضرس الأشكال الأرضية:

مثل الخوانق الشديدة الانحدار والسفوح الوعرة والأخاديد.

٣. تكون أسطح صخرية مكشوفة وعارية من التربة.

٤. الأكواع النهرية والحفر النهرية.

٥- المصاطب النهرية.

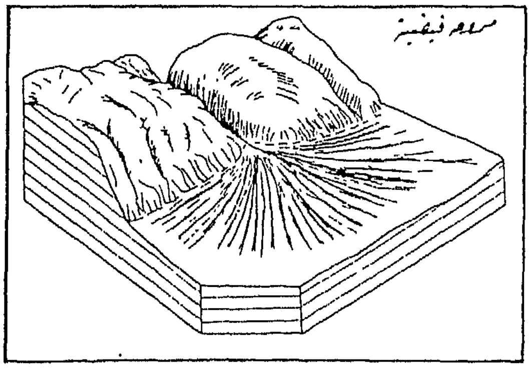
الأشكال الأرضية الناتجة عن الإرساب المائي:

١. السهل الفيضي Flood Plain:

يتشكل السهل الفيضي عندما يقترب النهر من مرحلة الاتزان وتقل درجة الانحدار فيصبح جريان النهر بطيئاً بعد أن قضى هو وروافده على جميع الأراضي المرتفعة في حوضه. فقام بنحتها ونقلها وترسيبها على طول طريق النهر وحتى مصبه. وتتكون في مرحلة الاتزان وعلى جوانب النهر مناطق منخفضة من الأراضي، وعندما تحدث الفيضانات الشديدة فإن هذه المنطقة تغمر بالماء فيترسب فوقها كل المواد التي حملها النهر وخاصة الغرين، فتتراكم في كل حالة فيضان وفي كل عام مما يؤدي إلى تكوين سهل فيضي على جانبي النهر مثل السهل الفيضي لنهر النيل ودجلة والفرات.

٢. المراوح الفيضية Flood Fan:

المراوح الفيضية هي عبارة عن ارسابات مائية في وسط قاري، حيث ترسب الفيضانات كميات هائلة من المجروفات وترسبها عند قواعد السفوح الجبلية (شكل ٦٧). وسبب ذلك هو انتقال المجرى المائي من أرض مرتفعة شديدة الانحدار إلى أرض سهلة قليلة الانحدار، مما يؤدي إلى انتشار الماء فوق مساحات واسعة مرسباً ما يحمله فوق ذلك السطح. وخير مثال على ذلك المراوح الفيضية التي تكونت عند مخارج الأودية الصحراوية كما هو الحال في مخارج الأودية التي تنتهي في فيضان وادي عربة ووادي الأردن.

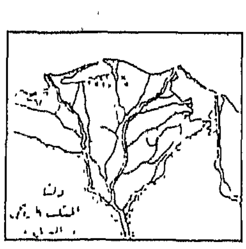


مروحة فيضية عند قاعدة الجبل

شكل ٦٧

٣. الدلتا:

تتكون الدلتا نتيجة ارسابات مائية داخل وسط مائي، وبمعنى آخر فإن الانهار تقوم بالقاء ما تحمله من مواد ناعمة ورملية في مصباتها، مما يؤدي إلى تجمعها فوق بعضها حتى تصل مستوى سطح ماء البحر وتزيد عنه في حالات الفيضانات مما يؤدي إلى تكون الدلتا (شكل ٦٨) وتزداد احتمالية تكون الدلتا كلما كانت مياه البحر عند مصب النهر هادئة أو تخلو من التيارات البحرية التي لا تساعد على تكون الدلتا، كما يجب أن لا تكون درجة الانحدار شديدة وأن تكون كميات التصريف المائي وحمولتها كبيرة.



دلتا

شكل ٦٨

أثر الجليد في تشكيل سطح الأرض:

تنشط عمليات الحت الجليدي في المناطق القطبية الباردة والمناطق الجبلية العالية حيث يتساقط الثلج ويتراكم لفترة طويلة من أيام السنة، وبعد تراكمه فإنه يبدأ بالتحرك على سطح الأرض مما يؤدي إلى تشكيل سطح الأرض من خلال عمليات النحت والترسيب الجليدي. ويزداد احتمال تكون هذه الظاهرة في المناطق التي تنخفض فيها درجة الحرارة إلى ما دون درجة التجمد فترة طويلة من السنة.

ويتميز الجليد بصلابته بسبب استمرار التراكم واستمرار انخفاض الحرارة مما يحمله على الحركة على شكل زحف بطئ.

الأشكال الأرضية الناتجة عن النحت الجيليدي:

بعد أن يبدأ الجليد بالزحف البطئ على سطح الأرض تظهر عملية النحت الجليدي من خلال:

١. انتزاع الكتل الصخرية من جوانب الأودية الجليدية والاحتفاظ بها مما يزيد من قدرة الجليد على الحت أثناء الحركة. وتعرف تلك المجروفات باسم المورين Moraines.

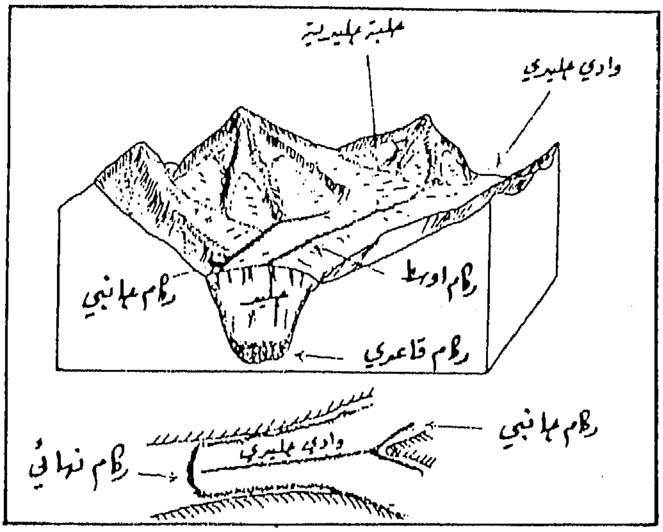
٢. المحطومات المختلفة الأحجام في قاع الوادي الجليدي تقوم بنحت قام الوادي الجليدي، كما يمارس الجليد نفسه ضغطاً على قاع المجرى مما يزيد من عملية الحت الجليدي.

٣. زيادة التضريس وذلك من خلال الفرق في الارتفاع بين الأودية والمناطق المجاورة لها.

٤. تكون حفر أرضية طويلة، تمتلئ بالماء بعد تراجع الجليد وذوبانه، وإذا كانت هذه الحفر الأرضية مفتوحة باتجاه البحر، وكانت قيعانها تحت منسوب سطح البحر، تملؤها مياه البحر وتكون ما يسمى بالفيوردات.

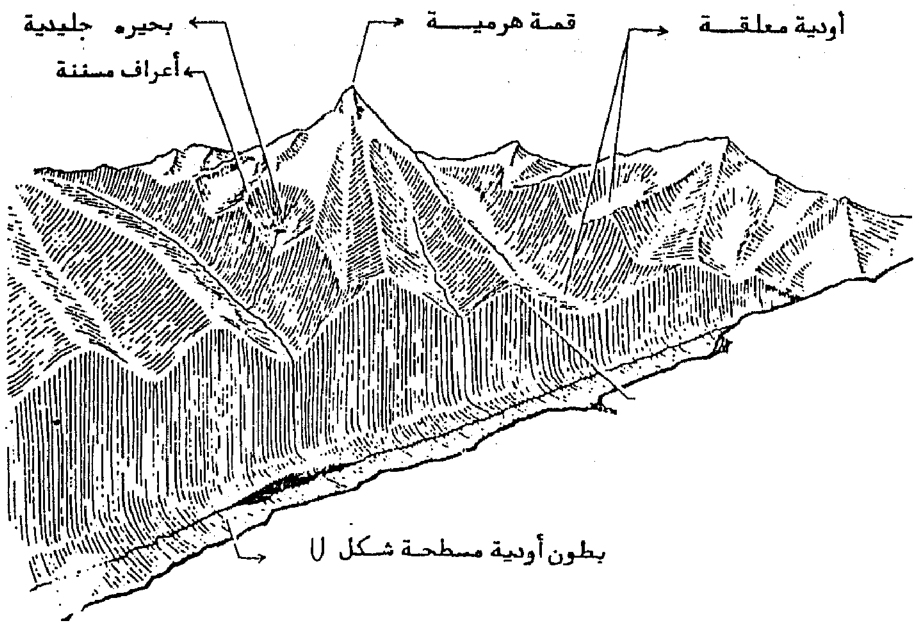
٥. تشكيل الحلبات الجليدية، وهي المناطق التي يبدأ فيها الجليد بالزحف (شكل ٦٩).

٦. تشكيل الأودية المعلقة والشديدة الانحدار، والأعراف المسننة والقمم الهرمية العالية (شكل ٧٠).



الحلبة والركامات الجليدية

شكل ٦٩



الاودية المعلقة والاعراف الجبلية المسننة والحلبات والقمم الهرمية الجليدية

شكل ٧٠

الأشكال الأرضية الناتجة عن الإرساب الجليدي:

تأخذ الأشكال الأرضية الناتجة عن الإرساب الجليدي شكل الركامات والتي يطلق عليها أيضاً اسم المورينات الجليدية، وتقسم الركامات الجليدية إلى عدة أقسام بناءً على المكان الذي توجد فيه وهي:

١. الركام الجليدي الجانبي وهو عبارة عن الرواسب الجليدية المنتشرة على شكل شرائط على جانبي الوادي الجليدي.

٢. الركام الأوسط: وهو عبارة عن الرواسب الجليدية التي تتكون نتيجة التقاء واديين جليديين. فتلتقي الرواسب الجانبية في وسط المجرى مما يشكل الركام الأوسط.

٣. الركام القاعدي: وهو عبارة عن الرواسب الجليدية التي تبقى في قاع مجاري الأودية الجليدية وذلك بعد أن يذوب الجليد ويترك ما يحمله في قاع المجرى.

٤. الركام النهائي: وهو الرسوبات التي تحملها الجليديات أمامها، وبعد أن يتراجع الجليد أو يذوب يترك هذه الرواسب محدداً النهاية التي وصل إليها ما يسمى باللسان الجليدي.

الفصل الخامس
التربة والنبات

التربة Soil:

تعتبر التربة جسماً حياً يتألف من مزيج من المواد المعدنية والعضوية والماء والهواء، وهي الطبقة الهشة والرقيقة التي تغطي معظم سطح الأرض اليابس وبسمك يتراوح ما بين سنتيميترات وعدة أمتار. فهي جسم متطور باستمرار ناتج عن تفاعل بين الغلاف الصخري Lithosphere والغلاف الغازي Atmosphere والغلاف الحيوي Biosphere والغلاف المائي Hydrosphere.

والتربة مصدر الحياة لجميع الكائنات الحية وتمر أثناء تكونها في عدة مراحل تبدأ بتفتيت الصخور وتحلل المادة العضوية ويدخل فيها الماء والهواء. ويدخل في تكوين التربة أربعة عشر عنصراً وهي تلك التي تدخل في تكوين صخور القشرة الأرضية بالإضافة إلى عناصر أخرى وهي: الأكسجين والكربون والنيتروجين والسيليكون والألمنيوم والحديد والكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والفسفور والكبريت والكلورين وغيرهما.

عوامل تكوين التربة:

تتكون التربة نتيجة مجموعة من العوامل الطبيعية اهمها:

١. المادة الاصلية (الصخر):

وهي المادة الأساسية للتربة حيث أن فتتات الصخر تكون فيما بعد التربة، وتنتمي التربة الى الصخور التي تكونت فوقها، أو يكون أصلها من طبقة صخرية واحدة، واما من مجموعة من أنواع الصخور، ففي الحالة الأولى تكون التربة أصلية وفي الحالة الثانية تكون التربة منقولة.

٢. الظروف المناخية:

تساهم الظروف المناخية بشكل فاعل في تكوين التربة ومن أهم العناصر المناخية المؤثرة على التربة الامطار والحرارة والتبخر والرياح.

حيث يعمل سقوط الأمطار واصطدامها بسطح الصخر مباشرة الى اضعاف جسم الصخر وتهيئته للعوامل الاخرى، كما أن مياه الامطار بعد سقوطها تبدأ بالجريان مما يؤدي الى احتكاكه بجسم الصخر وتعريته. وتلعب درجة الحرارة لوحدها دوراً في زيادة عمليات التجوية لميكانيكية عن طريق التمدد والتقلص للصخور والتي تنتج عن طريق المدى والتقلص الحراري اليومي والسنوي مما يعمل على تشقق الصخور، أما التجوية الكيماوية فتحدث بوجود الحرارة والرطوبة معاً.

وتلعب الرياح دورا ميكانيكيا في تكوين التربة وذلك من خلال اصطدامها وما تحمل معها من رمل في جسم الصخر مما يزيد من عملية نحت الصخور وتكوين التربة.

٣. العامل الحيوي:

ويحتوي هذا العامل على عاملين هما:

أ- دور النباتات في تفتيت الصخور: حيث تعمل النباتات من خلال تطورها على تفتيت وتحليل الصخور من خلال تطورها على تفتيت وتحليل الصخور لتهيئتها للعوامل الاخرى (راجع التجوية الحيوية).

ب- دور الحيوانات في تشكيل التربة: وذلك من خلال تجوية ميكانيكية وكيماوية حيث تعمل الحيوانات من خلال حركتها على سطح الارض ومن خلال عمليات الحفر وخاصة القوارض على تفتيت الصخور ميكانيكياً. أما الناحية الكيماوية فتقوم الحيوانات من خلال افرازاتها وبقايا جثتها على المساعدة في تحليل التربة كيماوئياً (راجع التجوية).

. العامل الطبوغرافي:

يتمثل عامل التضاريس في تكوين التربة من خلال درجة الانحدار، حيث ِداد عمليات التعرية والانجراف للسفوح الشديدة الانحدار بينما تقل في السفوح مستوية، ولذلك فإن العلاقة بين سمك التربة ودرجة الانحدار علاقة عكسية يث نجد أن سمك التربة يزداد مع قلة الانحدار ويقل سمك التربة كلما زادت ِرجة الانحدار.

،. عامل الزمن:

التربة من العوامل البيئية التي تحتاج فترة زمنية طويلة لكي تتكون ِتصبح تربة متطورة وتزداد قدرتها الانتاجية. فالترب السهلية ترب ذات عمر لمويل فهي ترب متطورة ولذلك فإن قدرتها الانتاجية تكون جيدة. أما الترب لحديثة فإنها تكون غير متطورة وذلك مثل السهول الفيضية للأنهار والأودية لكبيرة.

٦. الانسان:

وهو عامل قليل الأهمية في تكوين التربة، إلا أنه يؤثر على التربة بعد تكوينها، ويكون تأثيره في الغالب سلبياً، ويحدث ذلك عندما يقوم الانسان بقطع اشجار الغابات حيث تزداد عمليات الانجراف، كما تساعد عمليات الرعي الجائر على اضعاف القدرة البيولوجية للتربة فيزداد انجرافها بالرياح والمياه. اما عمليات شق الطرق والحراثة الخاطئة فإنها تساهم في القضاء على التربة بسرعة وذلك لأن الآليات تقوم في زمن قصير بإزالة تربة لزمها ربما ملايين السنين حتى تكونت.

خصائص التربة

تقسم خصائص التربة الى نوعين رئيسيين هما:

١. الخصائص الفيزيائية

٢. الخصائص الكيميائية

الخصائص الفيزيائية:

هناك ثلاثة خصائص فيزيائية للتربة هي:

أ- **اللون:** يعتبر لون التربة اوضح خصائصها الفيزيائية، ويمكن تجميع الالوان التي تتمثل في قطاعات التربة في ثلاث مجموعات:

١- الوان داكنة (غامضة) Dark ويدخل ضمنها الالوان السوداء والسمراء ويغلب وجودها في اقليم الحشائش.

٢- الوان ساطعة Bright ويدخل ضمنها الالوان الحمراء والصفراء وتوجد في اقليم الغابات المدارية وشبه المدارية.

٣- الوان فاتحة Light ويدخل ضمنها البيضاء والرمادية وتوجد في الاقاليم الصحراوية.

ب- نسيج التربة Soil Texture:

يعني نسيج التربة التكوين الميكانيكي لمكوناتها المعدنية دون اعتبار للتكوين الكيماوي. والنسيج هو عبارة عن جسيمات التربة باحجام مختلفة وتشمل الرمل الغرين والصلصال. ويصنف نسيج التربة الى اثنى عشر صنفاً، ويمكن التعرف على نسيج التربة بدقة بعد فحص عينات التربة ميكانيكياً.

ج- بناء التربة Soil Structure:

ويقصد ببناء التربة النمط او الشكل او التنظيم الذي توجد فيه ذرات التربة متلاحمة. وهناك سبعة أنماط بنائية للتربة وتشير كل صفة الى الشكل الذي تشبه تجمعاته ومنها تتدرج انماط ثانوية. اما الانماط الرئيسية لبناء التربة فهي: الحبيبي والفتاتي والعقدي والانبوبي والكتلي والصفحي والمنشوري.ان البناء الجيد للتربة هو الذي يوفر لها المقادير الكافية من المسامة الشعرية وغير الشعرية حيث توفر افضل الاحوال المائية والاحوال الهوائية. وفي الاحوال العادية يوجد البناء الجيد في ترب الاراضي جيدة التصريف والتي توجد في الاقاليم الرطبة والمشبعة بالماء، أما ترب الاقاليم الصحراوية فان بناءها يكون رديئاً.

الخصائص الكيميائية للتربة:

تختلف الخصائص الكيمائية للترب اختلافاً واضحاً على سطح الكرة الارضية، فالتربة تختلف من مكان لآخر في الحقل الواحد. حيث تختلف الخصوبة والنفاذية والنسيج والبناء والمواد العضوية. وهكذا انجد ان الترب تختلف في خصائصها الفيزيائية والكيميائية من مكان لآخر تبعاً لاختلاف تأثير العوامل المسيطره على تكوينها كالمواد الآولية والعضوية والتضاريس والزمن والانسان.

خصوبة التربة Soil Fertulity:

يقصد بالخصوبة قدرة التربة على تجهيز ما تحتاج اليه النباتات من المواد الغذائية بكمية كافية لنموها نمواً جيداً، أي يعبر عن خصوبة التربة بمقدار ما تحتويه من المواد الغذائيه التي يكون مصدرها العناصر المعدنية المشتقه من

صخور القشرة الارضية. اما العناصر والمعادن الضرورية التي تحتاجها النباتات بكميات كبيرة والموجودة في التربة فهي الاكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين والصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والفوسفات والكبريت والمغنيسيوم والحديد.

اما العناصر الأقل اهمية فهي: المنغنيز والنحاس والزنك واليود والبورون. وتحصل النباتات على هذه العناصر من التربة، ومع أن هذه المواد توجد بكميات قليلة إلا أنها ضرورية ولكن اذا ازادت نسبة تواجدها فانها تصبح سامة.

الملوحة والقلوية:

يطلق على التربة اسم ملحية او قلوية اذا ارتفعت فيها نسبة تركيز الاملاح القابلة للذوبان في الماء مثل كلوريدات وكبريتات وبيكربونات كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم.

ويمكن تصنيف التربة على اساس تركيز ايونات الهيدروجين في محلولها المائي الذي يعبر عنه بالرمز (PH) الى ثلاثة اصناف.

١- تربة حامضية ٢- ترب قاعدية ٣- ترب حيادية

فالترب الحامضية يكون تركيز ايونات الهيدروجين (PH) فيها بين أقل من ٤,٥ وحتى (PH) ٦,٥، والترب المالحة تكون فيها قيمة ال PH بين ٧,٤ وحتى ١٠، أما الترب المحايدة فتكون فيها قيمة الPH بين ٦,٦ وحتى ٧,٤.

أنواع التربة وتوزيعها الجغرافي في العالم:

يرتبط التوزيع الجغرافي للترب في العالم الى حد كبير بالعناصر المناخية، وتوزيع الغطاء النباتي على اليابس. والمجموعات الرئيسية وأقسامها للتربة (شكل ٧١) هي:



التوزيع الجغرافي للترب في العالم

شكل ٧١

أ- مجموعة ترب اقليم التندرا والتي تمتد شمال القارات أوروبا وآسيا وامريكا الشمالية شمال خط العرض ٦٦,٥ شمالاً. وهي نوعين:

١. ترب التندرا البنية.

٢. ترب التندرا رديئة الصرف.

ب- مجموعة ترب الأقاليم الرطبة: وتتكون في الأقاليم الرطبة وذات الغطاء النباتي الكثيف وتقسم الى:

١. ترب البودرزول في العروض الوسطى والعليا.

٢. ترب اللاترايت في العروض المدارية.

ج- مجموعة ترب الأقاليم شبه الرطبة والجافة: ومن أنواعها:

١. ترب التشرنوزم السوداء.

٢. ترب الحشائش.

٣. ترب الصحاري.

الغلاف الحيوي Biosphere

تشكل الكائنات الحية غطاءً حياً متجدداً على سطح الكرة الأرضية يدعى بالغلاف الحيوي، حيث يحدد ابتداءً من التربة أو ما يسمى بغلاف التربة Pedosphere وقشرة التحلل الصخري التي تليها Lithosphere. وفي الغلاف الجوي Atmosphere. ترتفع حدود الغلاف الحيوي الى نهاية طبقة التروبوسفير Troposphere. وأما حدوده في الغلاف المائي Hydrosphere فتصل الى اعماق سحيقة، حيث يصل النبات الى ٢٠٠ متر تحت مستوى سطح البحر بينما تصل الاسماك الى قيعان البحار أحياناً.

ويستعمل الغلاف اليابس او سطح القشرة الأرضية من اجل تثبيت النباتات ونموها ودعمها ودعم دورة الحيوانات في الارض. وتتركز الاحياء فوق سطح الارض بمقدار متر واحد تقريباً. ومع ذلك فإن هناك الكثير من الاحياء تعيش على ارتفاعات متفاوتة ولكن تركز الحياة يبدأ بالتناقص بالارتفاع عن سطح الأرض.

النظام البيئي Ecosystem:

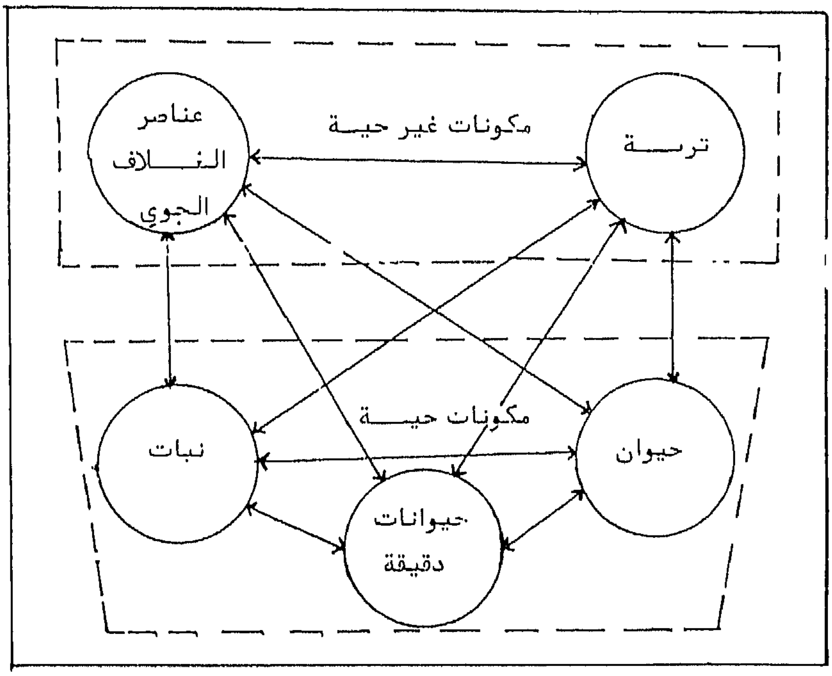
يتكون النظام البيئي من تفاعل عناصر طبيعة مختلفة كالمناخ والتربة والكائنات الحية النباتية والحيوانية والمياه، ويتباين أثر هذه العناصر وتفاعلها معاً من منطقة لأخرى، مما يؤدي الى تكون أنظمة بيئية مختلفة من خط الاستواء وحتى الاقطاب.

ويتكون النظام البيئي من عناصر مختلفة منها مكونات حية ومكونات غير حية، وتتفاعل كل العناصر في النظام البيئي وتؤثر وتتأثر ببعضها البعض بحيث تشكل نظاماً بيئياً متوازنا (شكل ٧٢). تقسم المكونات غير الحية إلى:

- عناصر المناخ كالحرارة والرطوبة والرياح والضوء.
- عناصر المياه والتربة وخصائصها الكيميائية والفيزيائية.
- عناصر أخرى مثل الاكسجين والملوثات والعناصر الغذائية.

أما المكونات الحية للنظام البيئي فتشمل الكائنات الحية من حيوان ونبات وكائنات حية دقيقة. وتقسم الكائنات الحية حسب طريقة تغذيتها إلى: كائنات حية منتِجة وكائنات حية مستهلكة وكائنات حية محللة.

النظام البيئي



النظام البيئي (نظام حيوي)

شكل ٧٢

العوامل المؤثرة على التوزيع الجغرافي للنباتات:

١. العامل الجيولوجي:

تعتبر النباتات الحالية ناتجة عن أنواع أصلية تطورت وهاجرت وتكيفت وانعزلت وتأثرت بكل العصور الجيولوجية والمناخية التي رافقتها. ففي الوقت

الذي تنتشر فيه أجناس نباتية في عدة أقاليم مناخية بالرغم من أنها تعود لعائلة واحدة. إلا أن بعض العائلات ينحصر توزيعها في أقليم مناخي واحد.

ويتم الكشف عن التطور التاريخي للنباتات بواسطة السجل الحفري (المستحاثات) رغم أن هذا يتعرض لعوامل باطنية تنتج عنها التواءات وانكسارات وعوامل خارجية مثل عوامل التعرية مثل النحت والنقل والترسيب.

٢. أثر العوامل المناخية:

تعتبر عناصر المناخ أكثر العناصر تأثيراً على النبات نمواً وتطوراً وتوزيعاً، لذلك تعتبر من أكثر العناصر قرباً وعلاقة مع النبات والحيوان.

أ. أثر الحرارة:

- يظهر أثر درجة الحرارة واضحاً في تبادل الطاقة بين النبات والبيئة التي يعيش فيها، وكذلك في تحول المادة وحركتها في جسم النبات.
- كما تحدد الحرارة كثافة عملية التمثيل الكلوروفيلي وعملية النتح ونمو البذور ورحيق الأزهار ولون وشكل النباتات ونشاط الجذور.

ب. تأثير الرطوبة:

- تنقل الجذور الرطبة من التربة إلى النبات وذلك لأن الماء يساهم في نقل الأملاح والمواد الغذائية الضرورية لحياة النبات. كما تؤثر الرطوبة في عملية التركيب الضوئي وعملية استخدام الطاقة الشمسية في صنع المواد الغذائية، مثل السكر والسليلوز عن طريق أوراق النباتات الخضراء.

ج. أثر الرياح:

تؤثر الرياح من خلال سرعتها واتجاهها على النباتات بشكل مباشر أو غير مباشر. ويظهر أثر الرياح في شكل النباتات وتوزيعه وفي عملية النتح والتبخر ونمو النباتات وإزهارها. ويكون أثر الرياح سلبياً فإما أن تكون الرياح جافة أو حارة وجافة أو محملة بالأملاح والرمال لتصبح عامل هدم للنباتات.

٣. **أثر التربة:**

يمثل أثر التربة على النباتات من خلال:

أ. تعتبر التربة المكان الذي تثبت فيه النباتات، حيث يتخذ النبات أشكالاً مختلفة لتتكيف مع التربة. فبعضها لها جذور مختلفة للتطور تبعاً لنسيج وتركيب التربة. ففي المياه الساحلية تحتاج النباتات للوصول للماء لتثبيت نفسها في الأرض مثل أشجار المانجروف. وفي الصحراء قد تمتد جذور بعض الشجيرات لعدة أمتار لتصل إلى الرطوبة البعيدة عن سطح الأرض وهكذا.

ب. أما أهمية التربة في تغذية النباتات فتظهر من خلال الأملاح الموجودة في التربة. فبعضها يكون وجوده ضرورياً لحياة النبات مثل أملاح الفسفور والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنيزيوم والنيتروجين.

وهناك مواد وعناصر أخرى تعتبر ضرورية للنباتات ولكن بشكل أقل وهي موجودة في التربة كغذاء وهي السولفات واليود والحديد والزنك والنحاس والمنجنيز والألمنيوم.

٤. **أثر التضاريس:**

تساهم التضاريس في التأثير على النبات بشكل غير مباشر حيث تؤثر من خلال تغيير بعض العناصر البيئية التي تؤثر بدورها على النبات. فيكون عامل التضاريس مهماً من خلال الارتفاع حيث تنخفض درجة الحرارة مع الارتفاع عن مستوى البحر وتكون الرياح أقوى وأكثر سرعة والضغط الجوي أقل. أما في المناطق المنخفضة والسهلية فيحدث العكس تماماً.

أما اتجاه السفوح وانحدارها فتؤثر على النبات من خلال مواجهتها للأشعة الشمسية حيث نلاحظ أن السفوح المواجهة للأشعة الشمسية ترتفع فيها درجة الحرارة أكثر من السفوح المعاكسة (في الظل) فيصبح فصل النمو أطول

فتتطور النباتات أكثر من السفوح المظللـة. كمـا أن فـترة تغطيتهـا بـالثلوج تكـون أقصر من السفوح المظللة وهذا له أثر واضح على نمو وتطور النباتات.

أسس تصنيف الكائنات الحية:

تصنف الكائنات الحيـة بنـاءً علـى أوجـه التشـابه والاختـلاف بيـن أنـواع النبـات أو أنـواع الحيـوان، حيـث توجـد خصـائص وصفـات متشـابهة لنباتـات أو حيوانات في كل منطقة على حدة.

أسس تصنيف الحيوانات:

هناك عدة تصنيفات للنباتات نذكر منها التصنيف الذي يقـوم علـى أسـاس النوع والشكل وهذا التصنيف يقسم النبات إلى:

١. مجموعة النباتات الغابية. ٢. مجموعة نباتات الحشائش
٣. مجموعة نباتات المناطق الصحراوية ٤. مجموعة نباتات التندرا

أما التصنيف الذي يعتمد على رطوبة التربة فتقسم النباتات إلى:

١. الجافوف (الجفافيـات) Xerophytes: وهـي نباتـات المنـاطق الجافـة والتـي تقاوم الجفاف وتحتاج إلى كميات قليلة من الماء.
٢. النباتات المعتدلة الرطوبة (المعتدلات) Mesophytes: وهـي النباتـات التـي تحتاج إلى كميات قليلة من الماء.
٣. النباتات المتكيفة Tropophytes: وهي النباتات التي تغير حاجتها من المـاء حسب الكمية المتوفرة.
٤. النباتات المائية Hydrophytes: وهي النباتات المائية التي تحتاج إلى كمية كبيرة من الماء.

أما أكثر التصانيف سهولة فهو ذلك الذي يعتمد على كمية الأمطار وفصول هطولها ودرجة الحرارة ومعدل التبخر. ويعرف هذا التصنيف باسم تصنيف دانسيروبير Dansereaupierre ويصنف النبات إلى:

١. مجموعة النباتات الصحراوية.
٢. مجموعة نباتات السهوب (الاستبسي).
٣. مجموعة نباتات السافانا (الحشائش الطويلة).
٤. مجموعة نباتات الغابات.

أسس تصنيف الحيوانات:

لا يزال تصنيف الحيوانات مستمراً حتى يومنا هذا لأكثر الأنواع الحيوانية ويعتبر التصنيف الشامل للحيوانات الأكثر شيوعاً ويقسم الحيوانات إلى:

١. مملكة الحيوان Animal Kingdom.
٢. تحت عديدات الخلايا Sub-Kingdome Metazoa.
٣. شعبة الحلبيات Phylum Chordate.
٤. تحت شعبة الفقريات Sub-Phylum Vertebrate.
٥. طائفة الثديات Class Mammals.
٦. تحت طائفة الثديات Sub-Class Mammals.
٧. رتبة الرئيسيات Order Primares.

أما المبادئ الأساسية المستخدمة في تصنيف الأحياء (نبات وحيوان) فيضم ما يلي:

١. مملكة Kingdome.
٢. طائفة Class.

٣. رتبة Order.

٤. عائلة Family.

٥. جنس Genus.

٦. نوع Species.

التوزيع الجغرافي للنباتات: (المجموعات النباتية)

يعتمد التوزيع الجغرافي للنباتات على مظهرها الخارجي كالغابات والحشائش أو نباتات الصحراء. ويمكن وضع النباتات في مجموعات على النحو التالي (شكل ٧٣).

أنماط المجاميع النباتية:

أولاً: الحشائش وتضم:

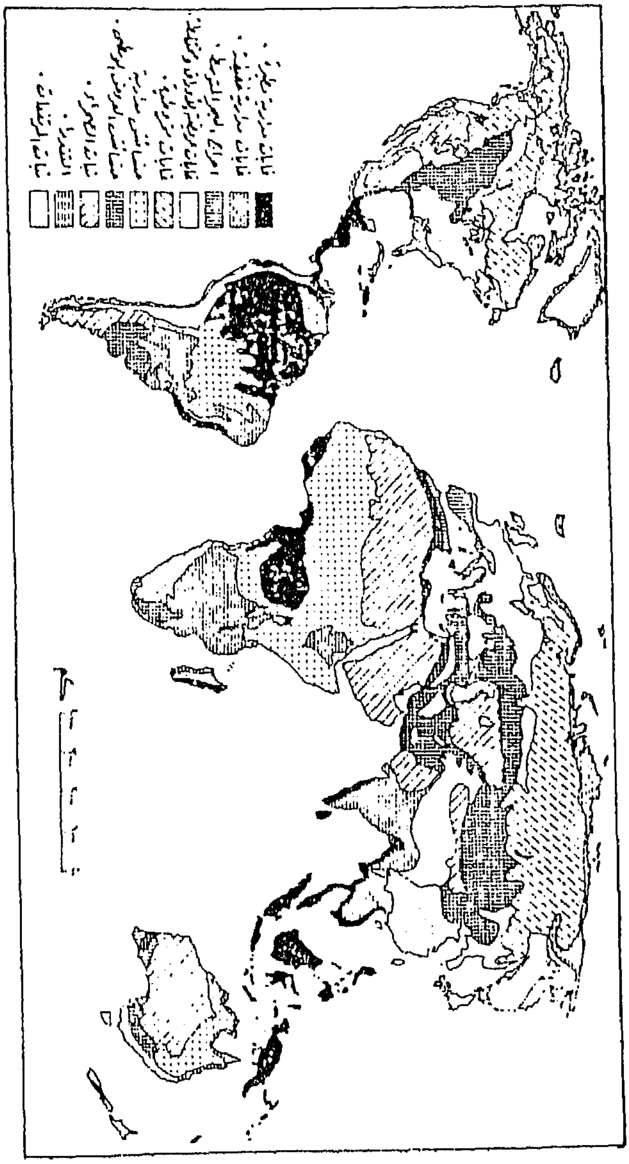
١. الحشائش المدارية (السافانا).

٢. حشائش العروض الوسطى والتي تضم: حشائش الاستبس وحشائش البراري.

ثانياً: النباتات الصحراوية وتضم:

١. نباتات الصحاري الجافة.

٢. نباتات الصحاري الجليدية الباردة.



شكل ٧٣

ثالثاً: الغابات وتضم:

١. الغابات المدارية التي تتكون من:

أ. الغابات الاستوائية المطيرة.

ب. الغابات المدارية الجافة.

٢. غابات العروض الوسطى وتضم:

أ. غابات البحر الأبيض المتوسط.

ب.الغابات المختلطة.

ج. الغابات الصنوبرية في العروض الوسطى.

د. الغابات الصنوبرية شبه القطبية.

الحشائش:

وهي أكثر النباتات أصنافاً واختلافاً في الشكل بسبب البيئات المختلفة التي توجد فيها الحشائش وتقسم إلى قسمين:

١. الحشائش المدارية (السافانا):

تسود الحشائش المدارية (السافانا) في الجهات المدارية ذات الأمطار الصيفية، والشتاء الجاف. وهي حشائش طويلة تتواجد فيها أشجار متباعدة وتتوزع في أمريكا الجنوبية والوسطى وأفريقيا.

٢. حشائش العروض الوسطى:

تسود في وسط القارات، مثل جنوب روسيا وأكرانيا ووسط الولايات المتحدة، وفي شمال شرق الصين وجنوب البرازيل وتقسم إلى:

أ. حشائش البراري:

وتوجد في المناطق الأكثر امطاراً في العروض الوسطى، وتقع في الأرجنتين والبراري الأمريكية والبراري الروسية.

ب. حشائش الاستبس:

وهي حشائش قصيرة لأنها تنمو بمحاذاة الصحراء وبين إقليم الحشائش الطويلة (البراري) وتنتشر هذه الحشائش في الولايات المتحدة وروسيا وأوكرانيا وشمال شرق الصين.

النباتات الصحراوية:

وتقسم إلى قسمين هما:

أ. نباتات الصحاري الحارة الجافة:

بالرغم من الظروف المناخية القاسية في الصحراء إلى أن هناك نباتات استطاعت أن تقاوم الجفاف وتعيش في الصحراء. وخاصة في بطون الأودية أو على ضفاف الأنهار الداخلية أو المناطق التي يقترب فيها الماء الجوفي من سطح الأرض.

ومن أنواع النباتات التي تميز الصحاري العربية، أشجار وشجيرات الطرفة والأثل والسنط والطلح والرتم والنبق والنخيل.

ب. نباتات الصحاري الجليدية:

وتمتد مناطق هذه النباتات على سواحل المحيط المتجمد الشمالي، حيث تمتد شمال كندا وشمال سيبيريا وألاسكا وغرينلند وإيسلندا وبالرغم من طول فصل الشتاء الذي يمتد إلى أكثر من تسعة شهور في السنة والذي يتميز بانخفاض

شديد في درجات الحرارة، إلا أن النباتات تنمو في فترة قصيرة خاصة الأعشاب والطحالب والاشنات، وجميعها نباتات صغير وقزمية وتستطيع أن تمد جذورها أكثر بسبب تجمد التربة.

الغابات:

هي ذلك النمط النباتي الذي تسود فيه النباتات الخشبية والأشجار الكثيفة وترتفع إلى عشرات الأمتار، وتختلف من حيث الأنواع السائدة والأقاليم المناخية وتختلف كذلك من حيث الارتفاع والأغصان والكثافة والأوراق ويعود اختلاف أنواع الغابات وخصائصها من مكان لآخر على سطح الأرض إلى عدة عوامل يمكن تلخيصها بالعوامل التالية:

أ. العامل المناخي.

ب. العامل التضريسي.

ج. عامل المياه الجارية والجوفية.

د. عامل التربة.

هـ. العامل البشري.

المصادر والمراجع

المصادر والمراجع العربية:

جودة حسنين جودة، الجغرافية الطبيعية والخرائط، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، ١٩٩٥.

أمين طربوش، المدخل إلى علم الجغرافية الطبيعية، الطبعة الجديدة، دمشق، ١٩٨٢.

حسن أبو سمور، الجغرافية الحيوية، عمان، ١٩٩٥.

سامح غرايبة وآخرون، المدخل إلى العلوم البيئية، دار الشرق، عمان، ١٩٨٧.

صلاح الدين بحيري، مبادئ الجغرافية الطبيعية، دار الفكر، دمشق، ١٩٧٨.

علي شاهين، جغرافية المناخ والنبات، كتب كريدية اخوان، بيروت، ١٩٨٢.

علي الشلش، جغرافية الترب، جامعة البصرة، ١٩٨٥.

علي الشلش وآخرين، الجغرافية الحياتية، جامعة البصرة، ١٩٨٥.

عبد العزيز شرف، الجغرافية المناخية والنباتية، دار المعرفة الجامعية/الاسكندرية، ١٩٩٥.

عبد العزيز طريح شرف، الجغرافية المناخية والنباتية، الاسكندرية، ١٩٧٤.

عبد الاله رزوق كربل وآخرين، الطقس والمناخ، جامعة البصرة، ١٩٨٢.

عبد الملك الكليب، الطقس والمناخ في دولة الكويت، دار الارقم للنشر والتوزيع/ الكويت، ١٩٨٥.

عمر الحكيم، تمهيد في علم الجغرافية، دمشق، ١٩٦٥.

فاضل السعدوني، الشمس وكواكبها، وزارة الثقافة والاعلام، بغداد، ١٩٩٠.

محمد محمد ين وطه الغرا، المدخل إلى الجغرافية، ط٣، دار المريخ، ١٩٩٤.

نجيب زبيب، المحيط الكوني واسراره، دار الأمير للثقافة والعلوم، بيروت، ١٩٩٤.

نعمان شحاده، الجغرافية المناخية، دار القلم / دبي، ١٩٨٨.

يسري الجوهري، اسس الجغرافية العامة، منشأة المعارف، ١٩٧٧.

يوسف توني، جغرافية الاحياء، دار الفكر العربي، القاهرة، ١٩٦١.

يوسف عبد المجيد فريد، الأسس العامة للجغرافية، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة، ١٩٨٤.

المراجع باللغة الانجليزية:

Arthur, L. B., Geomorphology, Englewood, Cliffs, N. J., 1978.

Bary, A. G. and Chorely, R. J., Atomospher Weather and Climate, 2nd ed., 1971.

Bunnet, R. B., General Geography in Diagrams, London, 1979.

Eagleman, J. R., Meteorology: the Atmosphere in Action, 2nd ed., Wadsworth publishing company, 1986.

Hidore, J.J., Physical Geography, scottfores man and Co., 1974.

Hobbs, J., E., Applied climatology, Dawson Westview Press, Colorado, 1980

Miller, A., Meteorology, 2nd ed., Charles Merrill Publishing Company, 1971.

Muller, R. H. and T. M. Oberlander, Physical Geography Today, 3rd ed., Random House, N.Y., 1974.

Oliver, J. E., Climate and Man's Envirnment, John Wiley and Sons, 1973.

Reihl, H., Introduction to the Atomosphere, McGraw Hill, 1965.

Rosenberg, N. et. al, Microclimatology, John Wiley and Sons, 1983.

Sellers, W. P., Physical Climatology, University of Chicago Press, 1965.

Strahler, A. N. and A. strahler, Modern Physical Geography, 3rd ed., John Wiley and Sons, 1987.

Trewartha, G. T., An Introduction to Climate, McGraw Hill, 1968.



دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع

مجمع الفحيص التجاري - هاتف وفاكس ٤٦١٢١٩٠

ص.ب ٩٢٢٧٦٢ - عمان ١١١٢١ - الأردن